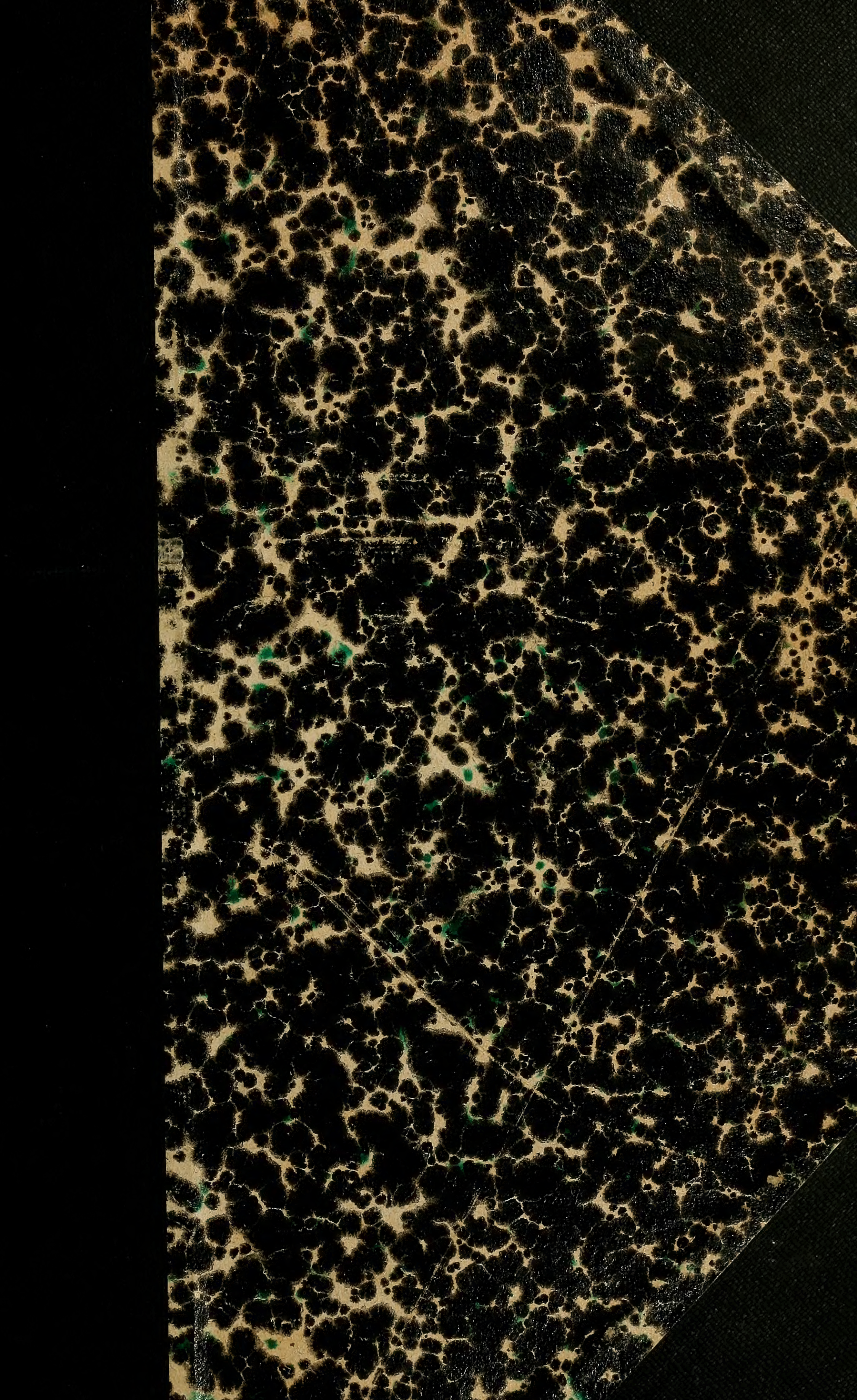
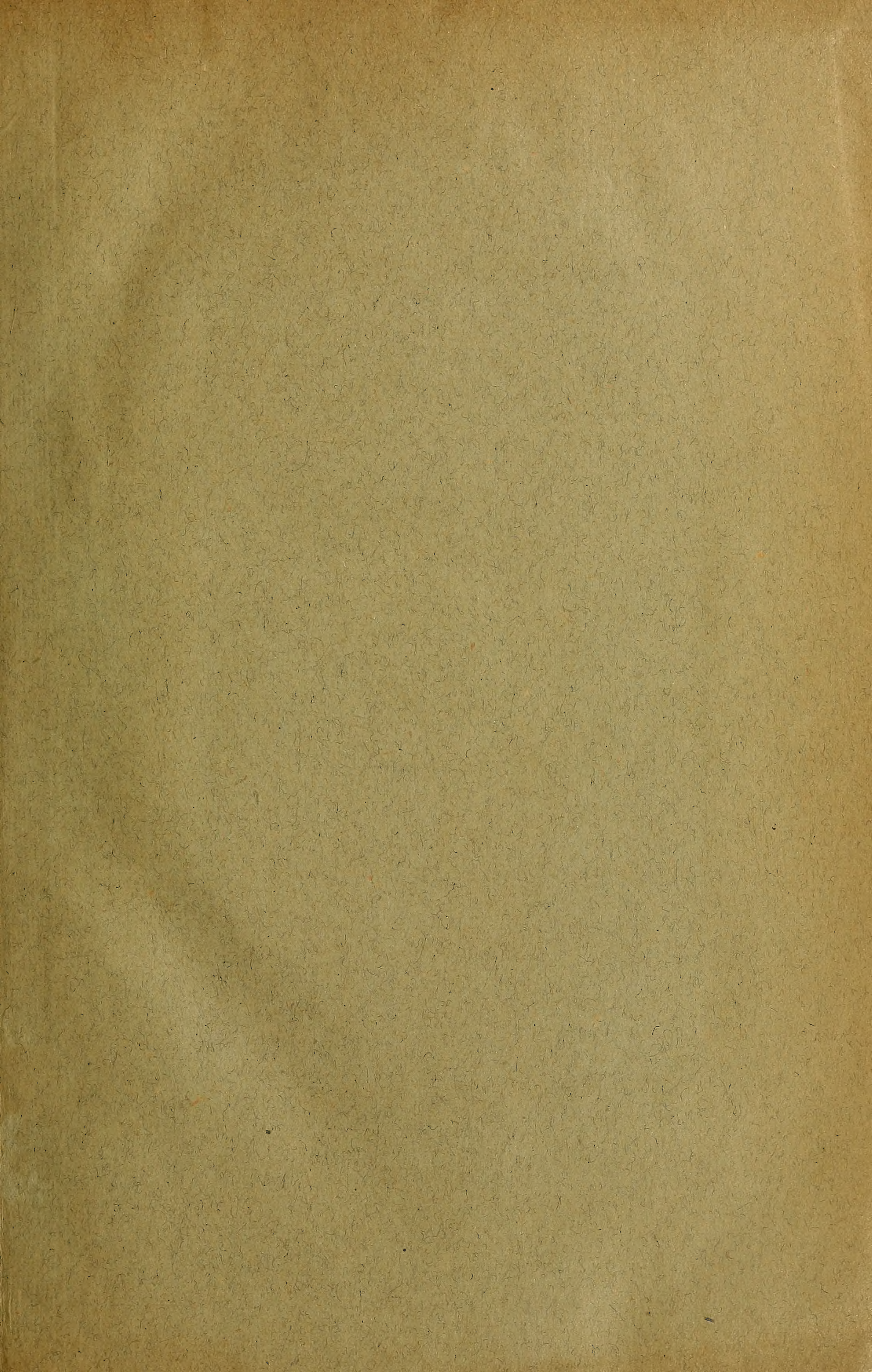
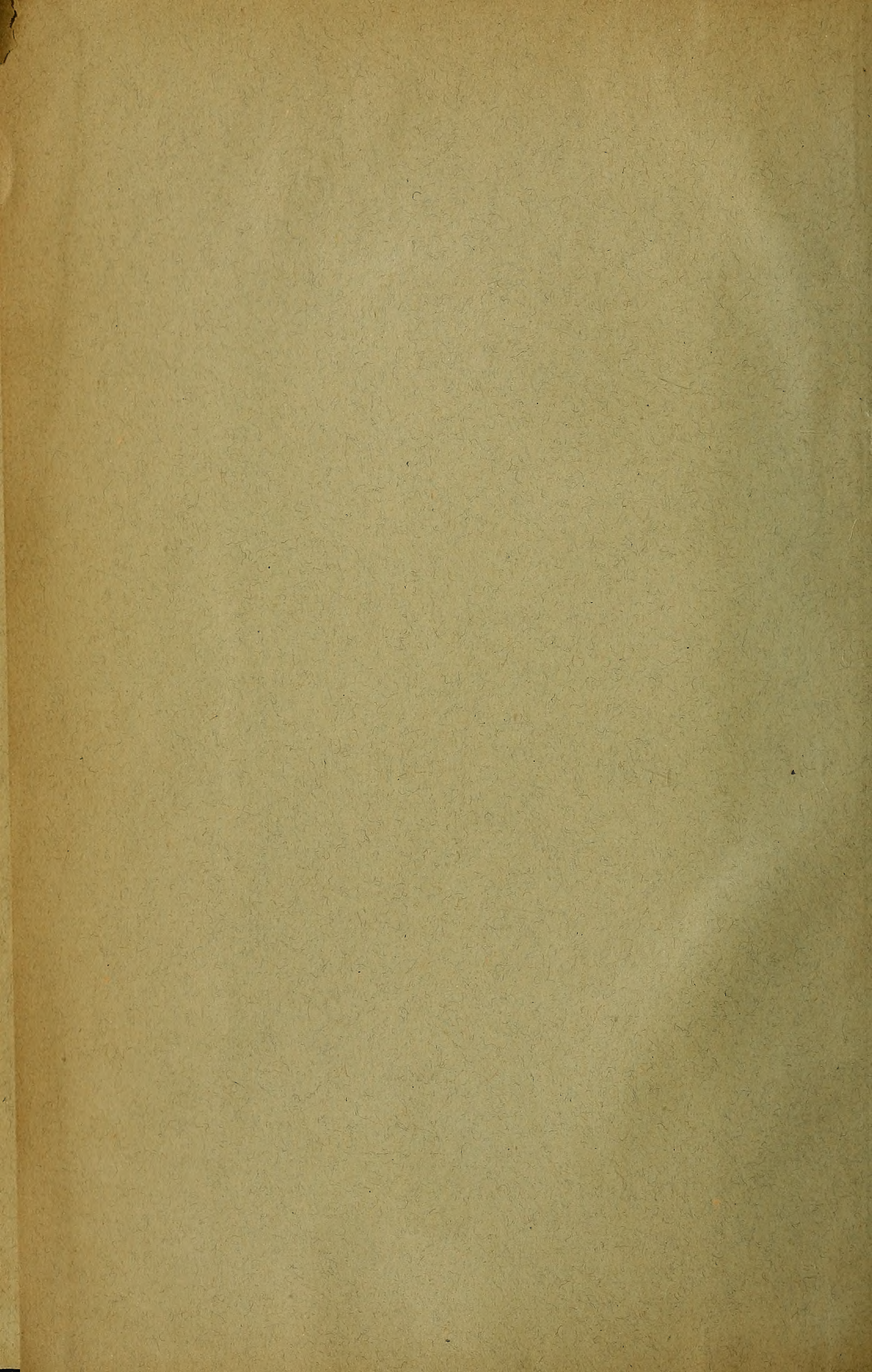






ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM WALDEYER,

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

UND

DR. MAX RUBNER,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1915.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1916

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG DES
ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. MAX RUBNER,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1915.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1916

C.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Inhalt.

Seite

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM WALDEYER,

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

UND

DR. MAX RUBNER,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1915.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG.

ERSTES HEFT.

MIT DREIUNDZWANZIG FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1915

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis und 30 ℳ Honorar für den Druckbogen zu 16 Seiten.

Beiträge für die anatomische Abteilung sind an

Professor Dr. **Wilhelm Waldeyer** oder an Professor Dr. **H. Virchow** oder an Dr. **P. Röthig**, sämtlich in Berlin N.W., Luisenstr. 56,

Beiträge für die physiologische Abteilung an

Professor Dr. **Max Rubner** in Berlin W., Kurfürstendamm 241 III

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind **auf vom Manuskript getrennten Blättern** beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, eine **Zusammenstellung**, die dem Lithographen als Vorlage für die Anordnung dienen kann, beizulegen.

Physiologische Untersuchungen über Koffein als Asthmamittel.

Von

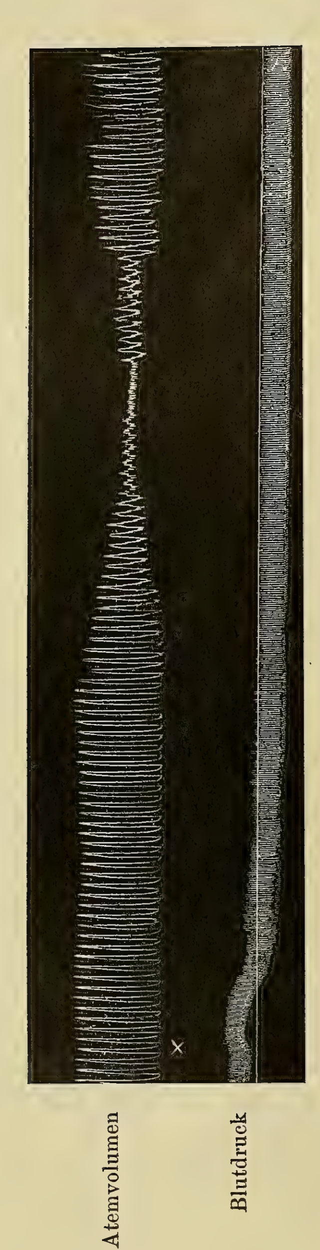
Dr. Felix Meyer
(Kissingen-Berlin).

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Berlin.
Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. M. Rubner.)

Das experimentelle Asthma bzw. die Verengerung und Erweiterung der Bronchien durch toxische Einwirkungen ist durch die Arbeit von E. Weber[1] neuerdings wieder Gegenstand eingehender Untersuchungen geworden. Die Abweichungen in seinen Ergebnissen von den Resultaten, die J. Pal[2] im Jahre 1912 veröffentlichte, erklären sich aus der feinen Methodik der von E. Weber benutzten Registrierung der Volumkurven einer oder mehrerer im Onkometer atmender Lungenlappen gegenüber der von Pal offenbar bei fast allen Versuchen angewandten Methode des Anschneidens eines Lungenlappens am Rande, mit welcher Methode er alsdann feststellt, ob bei künstlicher Lufteintreibung nach intravenöser Injektion gewisser toxischer Substanzen Luft austritt oder nicht. Auf Grund dieser seiner Experimente, bei denen er Bronchospasmus mit Pepton, Imido und besonders mit Muskarin erzeugte, gibt Pal an, daß das Koffein den künstlich erzeugten Lungenstillstand oder Bronchospasmus beseitigt, was bisher nur vom Atropin und Adrenalin bekannt war. Das Atropin hebt geradezu als Gegengift des Muskarins dessen Reizung der Vagusnervenendapparate durch Lähmung derselben auf.

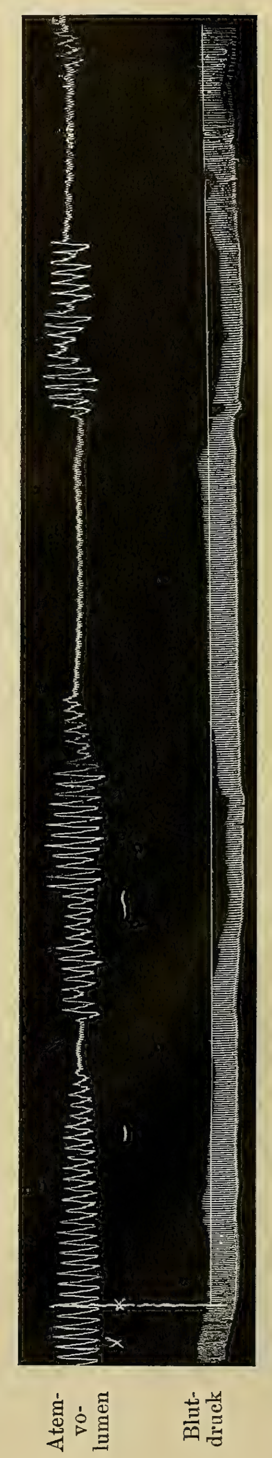
[1] E. Weber, Neue Untersuchungen über experiment. Asthma und die Innervation der Bronchialmuskeln. *Dies Archiv.* 1914. Phys. Abt.

[2] J. Pal, Über die Wirkung des Koffeins auf die Bronchien und auf die Atmung. Ein weiterer Beitrag zur Kenntnis des experiment. Bronchospasmus. *Deutsche med. Wochenschrift.* 1912. Nr. 38.



× Muskarininjektion $^3/_4$ ccm 1:1000.

Fig. 1.
Reine Muskarinwirkung.



Bei × — × $^3/_4$ ccm Muskarin injiziert. Bei — 3 mal 0·1 g Coff. natr. benz. injiziert.

Fig. 2.
Koffeinwirkung nach Muskarin.

Sowohl dieser Befund wie die Erklärung der Koffeinwirkung durch Pal, daß nämlich das Koffein gewisse Äste des Sympathicus peripher errege und dadurch imstande sei, die Bronchien zu erweitern bzw. einen Bronchospasmus aufzuheben, bedurften der experimentellen Nachprüfung bei der Bedeutung, die die Einführung des Koffeins als Asthmamittels beansprucht.

Zu meinen Versuchen benutzte ich Katzen und bediente mich der Brodie-Dixonschen Registrierung eines im Onkometer bei künstlicher Ventilierung atmenden Lungenlappens am kurarisierten Tier. Als bronchokonstriktorisches Mittel wandte ich meist das von Grossmann zuerst angegebene Muskarin an, einigemal auch Imido-Roche.

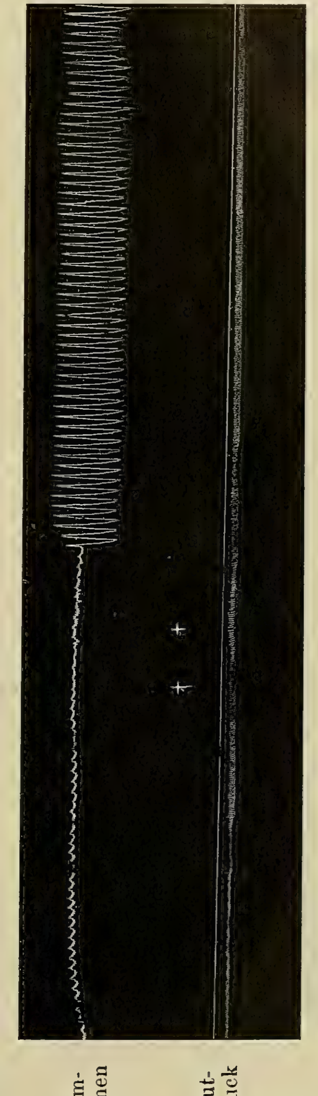
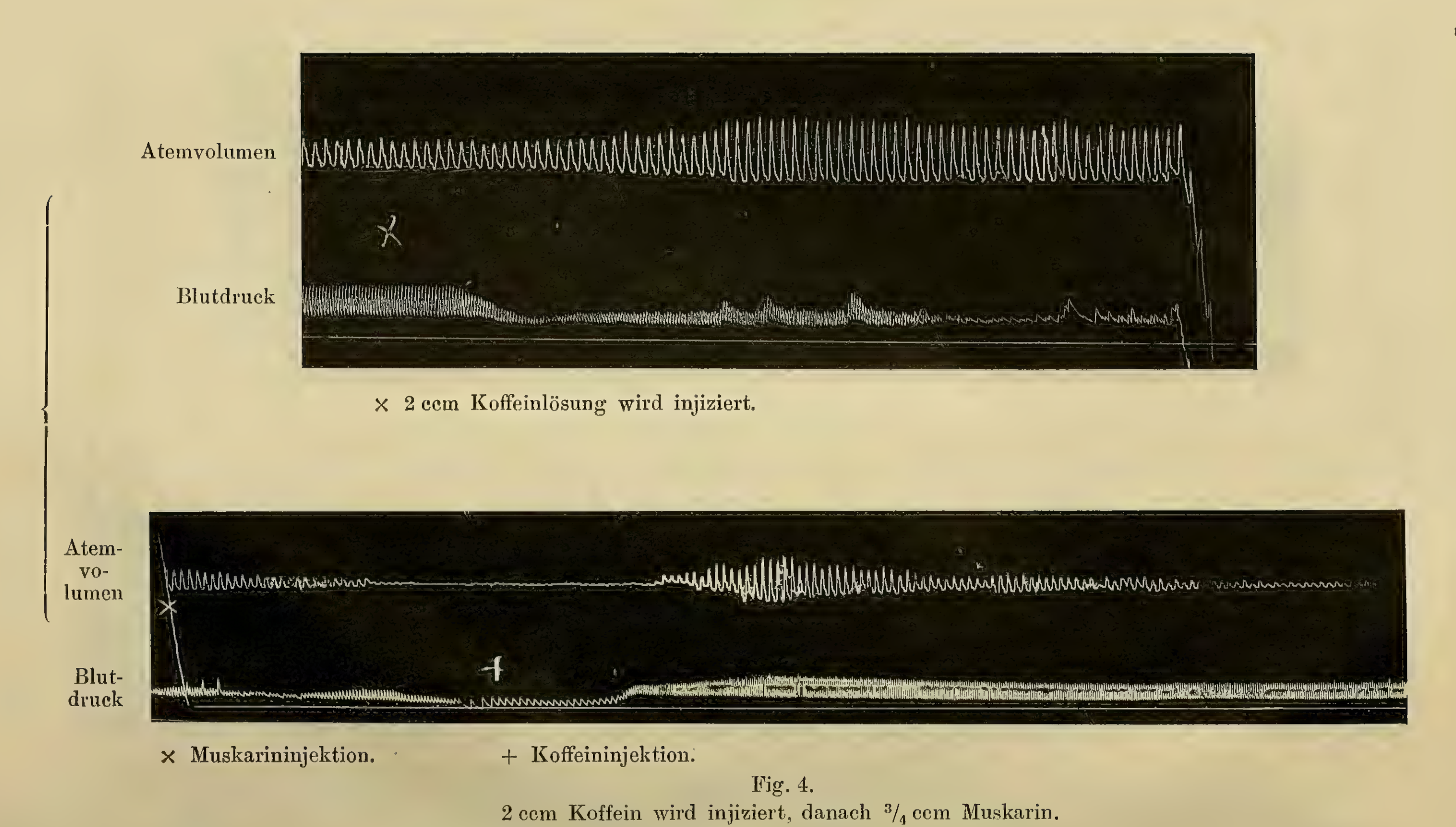


Fig. 3.
Aufhebung der Muskarinwirkung durch Atropin.
Von + bis + wird 0·001 Atropin injiziert.

Nach Injektion von $^3/_4$ ccm einer $1^0/_{00}$ Muskarinlösung erhalte ich einen ausgesprochenen mehr oder weniger lang dauernden Bronchialverschluß, wobei die Atemgröße minimal wird. Die Wirkung auf die Bronchialmuskulatur tritt nicht momentan ein, wie etwa die durch Sinken des Blutdrucks sich äußernde Wirkung auf das Gefäßsystem, sondern erst allmählich (s. Fig. 1). Injiziere ich nun von der Vena jugularis aus, nach dem durch Muskarin das Lungenvolumen absolut verengt ist, 0·3 g eines Koffeinsalzes (Koffein natr. benz. in 3 aufeinanderfolgenden Spritzen à 0·1) — mehr Koffein auf einmal vertrug das Cor nicht —, so tritt, wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, eine vorübergehende Sprengung des Bronchialverschlusses bzw. eine Verstärkung der Atemgröße auf. Aber diese Wirkung ist sehr flüchtig. Sie weicht alsbald einem um so engeren Bronchialkrampf. Eine

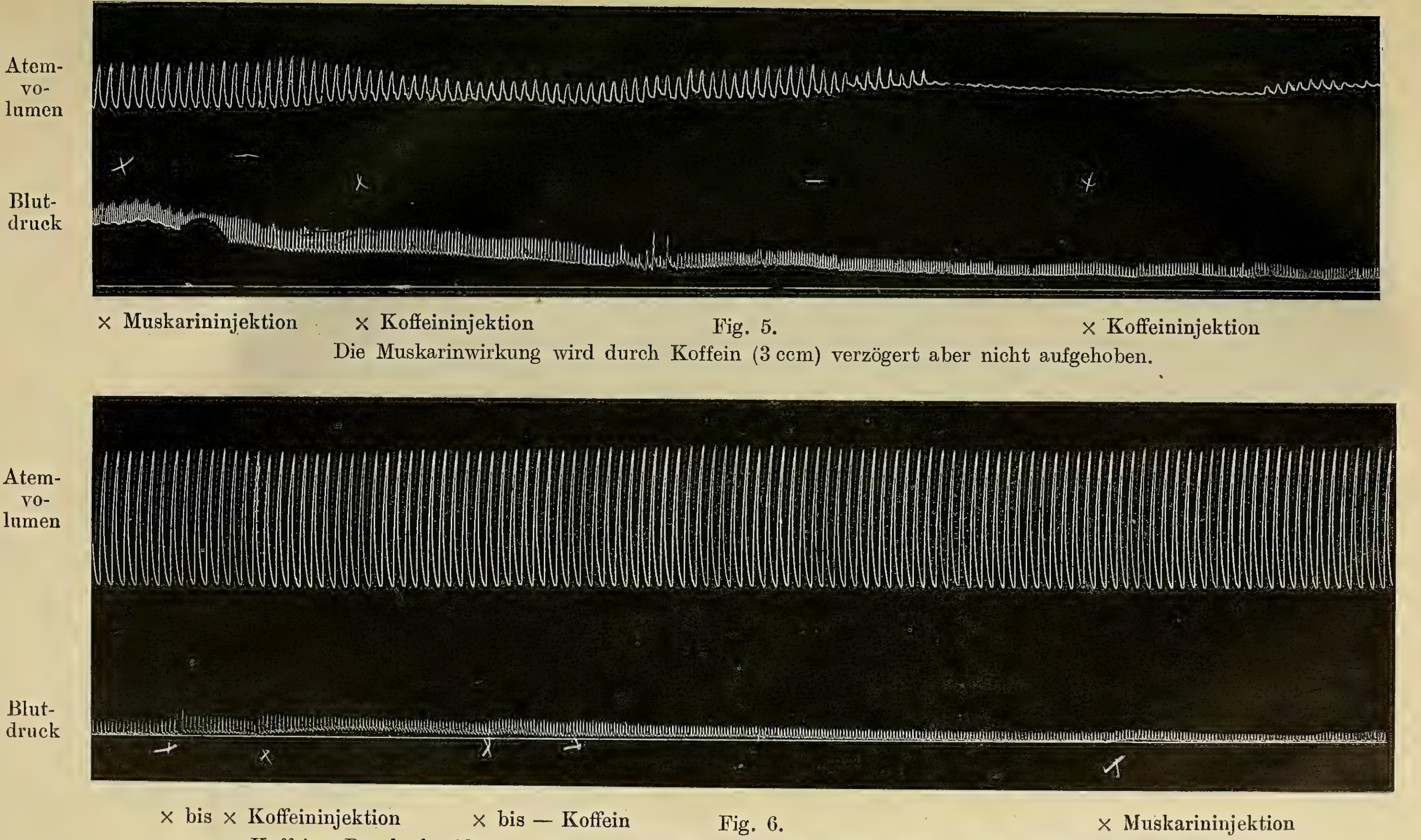


× 2 ccm Koffeinlösung wird injiziert.

× Muskarininjektion. + Koffeininjektion.

Fig. 4.

2 ccm Koffein wird injiziert, danach $^3/_4$ ccm Muskarin.



× Muskarininjektion × Koffeininjektion Fig. 5. × Koffeininjektion

Die Muskarinwirkung wird durch Koffein (3 ccm) verzögert aber nicht aufgehoben.

× bis × Koffeininjektion × bis — Koffein Fig. 6. × Muskarininjektion

Koffein. Durchschneidung des Rückenmarks und der Vagi. Keine Koffein- und Muskarinwirkung.

kurz darauf wiederum gegebene Injektion von Koffein 0·1 g vermag ebenfalls nur kurz das Atemvolumen zu vergrößern, der durch das Muskarin bedingte Bronchialverschluß besteht weiter.

Um zu beweisen, daß der Verschluß kein Registrierfehler des Systems sei, wurde nunmehr 1 mg Atropin injiziert. Sofort wird, wie Fig. 3 zeigt, der Bronchospasmus aufgehoben und in der Kurve ein volles Lungenvolumen geschrieben.

Nach dieser Atropinwirkung ist es nun nicht mehr möglich durch erneute Gabe von Muskarin einen Bronchialkrampf zu erzeugen. Dagegen gelingt dies durchaus bei Koffein.

Fig. 4 und Fig. 5 lassen dies erkennen. Im ersten Fall wurde eine Koffeindosis vorausgeschickt und dann Muskarin injiziert. Das Koffein bewirkt zunächst eine Vergrößerung des Atemvolumens; wird nun Muskarin injiziert, so tritt die bekannte Krampfwirkung trotzdem ein. Im zweiten Falle wird sofort dem Muskarin eine Koffeindosis nachgeschickt. Das Koffein vermag zwar die Muskarinwirkung jetzt zu verzögern, aber es kann die Wirkung nicht aufheben, der Bronchialkrampf tritt in unverminderter Stärke ein.

Aus den bisherigen Kurven und Versuchen läßt sich zunächst wohl eine geringe Einwirkung

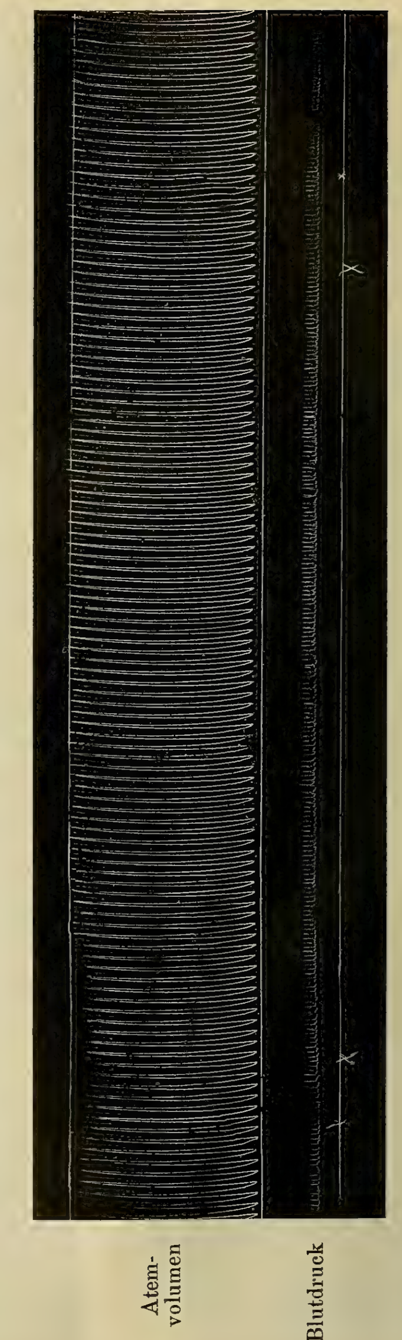


Fig. 7.

Keine Wirkung des Koffeins und des Muskarins nach Durchschneidung des Rückenmarks der Vagi Sympathici.

des Koffeins auf die Atmungsgröße herauslesen. Ob es sich hier aber um eine zentrale oder periphere Wirkung, wie letzteres Pal annimmt, handelt, läßt sich daraus noch nicht ersehen. Aus Webers Versuchen über experimentelles Asthma (S. 140/141) geht hervor, daß die Wirkung des Koffeins auch nicht einer Änderung der Blutfülle in den Lungen zugeschrieben werden darf. Bei Zunahme der Blutfülle durch aktive Erweiterung der Lungengefäße müßte eine Erschwerung der Aufnahme der normalen Luftmenge in die Lungen durch Einengung des Luftraumes eintreten.

Einleuchtender wäre schon eine Erklärung der Koffeinwirkung aus seiner bekannten zentralen Einwirkung auf das Atemzentrum, das im bulbären und spinalen Mark gelegen ist. Dies kann direkt vom Blute aus oder reflektorisch durch zentripetale Nerven (Lungenvagus, Trigeminus, Hautnerven) erregt werden.

Um einen Einblick in diese Verhältnisse zu bekommen und den Angriffspunkt der Koffeinwirkung zu ermitteln, habe ich die Medulla oblongata durchschnitten und dann Koffein injiziert. Die Koffeinwirkung wird dadurch nicht ganz aufgehoben. Auch wenn man die beiden Vagi durchschneidet, ist noch ein geringer Ausschlag der Atmungsgröße meßbar (Fig. 5). Erst wenn der bei der Katze getrennt laufende Sympathicus auch noch durchschnitten wird, tritt weder nach Muskarin noch nach Koffein eine Änderung in der Atmungskurve ein. Dies entspricht auch den zwei Weberschen Befunden über den Weg der bronchokonstriktorischen Wirkung der Asthma erzeugenden Mittel, die zentral im Gehirn angreifen und auf verschiedenen Wegen, sowohl auf dem Wege über die Vagi als auch auf dem übers Rückenmark und über den Grenzstrang die Lungen erreichen. Durchschneidung beider Vagi für sich allein, oder des Halsmarkes allein, hebt die bronchokonstriktorische Wirkung der Asthma erzeugenden Mittel nicht auf, erst gleichzeitige Durchschneidung der Vagi sympathici und des Halsmarks hebt die Wirkung auf.

Ebenso verhält es sich mit dem Koffein. Sein Angriffspunkt ist daher zentral. Das beweist die Kurve 7.

Pal dagegen nimmt an, daß das Koffein den Lungensympathicus peripher errege und dadurch imstande sei, die Bronchien zu erweitern und den Spasmus aufzuheben.

Da die Koffeinwirkung auch die Vagusbahn entlang läuft, so könnte man an eine gesonderte bronchodilatorische Erregung der Verzweigungen des Vagus in der glatten Muskulatur der Alveolen und Bronchien denken; ungezwungener ist dagegen die Annahme der Reizung des Atemzentrums. In jedem Fall ist die antikonstriktorische Wirkung des Koffeins nicht stark genug, um es als Asthmamittel gelten zu lassen. Die peripher ein-

setzenden Mittel, die, wie Atropin, Lobelin und Nikotin, die Vagusendigungen betäuben oder lähmen und so den Krampf der Bronchialmuskeln aufheben, werden von dem Koffein nicht erreicht.

Ergebnisse.

1. Das Koffein greift nur zentral an.

2. Die antiasthmatische Wirkung ist schwächer als die des Atropins, Adrenalins und Nikotins.

3. Der Weg der zentralen Einwirkung geht über Rückenmark und Vagosympathicus entsprechend den früheren Feststellungen über Muskarinwirkung von E. Weber.

Über die Hemmungserscheinungen bei verschiedenen Reflexen (Schlucken, Niesen usw.) und Vorgängen, die mit Muskeltätigkeit verbunden sind.

Von

Dr. Mich. Kedroff.

(Aus dem Hallerianum zu Bern.)

Schon längst war es bekannt, daß, wenn man ein Kaninchen schlucken läßt, sei es durch Reizung unmittelbar des Nervus laryngeus superior, sei es durch Berührung des weichen Gaumens auf natürlichem Wege, daß mit jedem Schlucke eine Bewegung des Zwerchfells auftritt.

Diese Zwerchfellbewegung wurde anfangs als ein ganz passiver Vorgang gedeutet: sie wäre nämlich durch den Zug des Ösophagus und der Trachea nach aufwärts bedingt.

Aber durch Trennung des Ösophagus und Trachea blieb diese Erscheinung doch bestehen, und Waller und Prévost haben auf solche Weise zuerst die aktive Natur des Vorganges nachgewiesen.

Den Arbeiten von Kronecker und Meltzer hauptsächlich verdanken wir die Kenntnis des Schluckmechanismus im ganzen, wie auch die Analyse des Schluckatmungsprozesses im einzelnen.

Sie hatten nämlich bewiesen, daß während des Schluckens nicht nur das Schluckzentrum, sondern auch das Atmungszentrum in Tätigkeit gerät, und daß jeder Schluck eine Verminderung des Atmungsbedürfnisses zur Folge hat. Diese Herabsetzung des Atembedürfnisses kann nur durch eine Hemmung des Atmungszentrums vermittelt werden, und die Nerven, welche diese Hemmung übertragen, sind die Glossopharyngei, die zugleich auch die Hemmungsnerven für das Schlucken sind.

Durch Meltzer waren weiter die Beziehungen des Schluckzentrums zu anderen Zentren erschlossen. So fand er, daß „mit jeder Schluck-

auslösung die Herzschläge beschleunigt werden, der Blutdruck beträchtlich sinkt, daß endlich die Schluckbewegungen eine hemmende Wirkung auf die Wehen und die Erektion ausüben".

Im wesentlichen waren also die Nebenerscheinungen des Schluckvorganges erklärt. Wir möchten nur noch auf die Untersuchungen von Marckwald hinweisen, der die Schluckatmungsbewegung beim Kaninchen gründlich studiert hatte. Da wir seine Schlüsse in dieser Frage für weitere Folgerungen bei unseren Beobachtungen gebrauchen möchten, führen wir seine eigenen Worte an. „Schluckzentrum, Glossopharyngeuskern und Atemzentrum stehen in innigster Verbindung miteinander. Für gewöhnlich ist das Schluckzentrum unerregt, und nur die zeitweise Schluckanstrengung setzt es in Tätigkeit. Dann aber wird eine ganze Reihe von Nerven in stets derselben unveränderlichen Weise und Reihenfolge innerviert . . . Auf die der Peripherie ausgehende Erregung des Schluckzentrum folgt die Hemmung durch die Nn. glossopharyngei, ehe die Pharynxkontraktion beginnt, und gestattet so eine Reihe rasch aufeinander folgender Schlucke. Die in Tätigkeit gesetzten Schluckfasern des Vagus und Glossopharyngeus irradiieren die Erregung gleichzeitig auf das Atemzentrum. Auf den Reiz der Vagus-Schluckfasern antwortet das Atemzentrum mit einer Inspirationsbewegung. Die Erregung der Glossopharyngeusfasern hemmt diese alsbald, deshalb erscheint diese Inspirationsbewegung so kurz und nur die größere Reizlatenz des N. glossopharyngeus bewirkt, daß sie überhaupt bemerkbar wird. Die sog. Schluckatmung hat demnach nicht die Bedeutung einer Atembewegung. Sie demonstriert einen sehr wichtigen Vorgang im Schluckakte: die Atemhemmung."[1] Fassen wir das zitierte Material kurz zusammen, so können wir sagen: der Auslösung des Schluckaktes im engeren Sinne des Wortes gehen zwei wichtige Stadien voraus, die wir kurz folgendermaßen auszudrücken vermögen. Das erste Stadium ist das Stadium der Erregung, das zweite das der Hemmung.

Da beim Menschen der Schluckakt gewöhnlich mit sehr großer Schnelligkeit verläuft, so ist es unmöglich, auf natürlichem Wege die einzelnen Stadien zu beobachten.

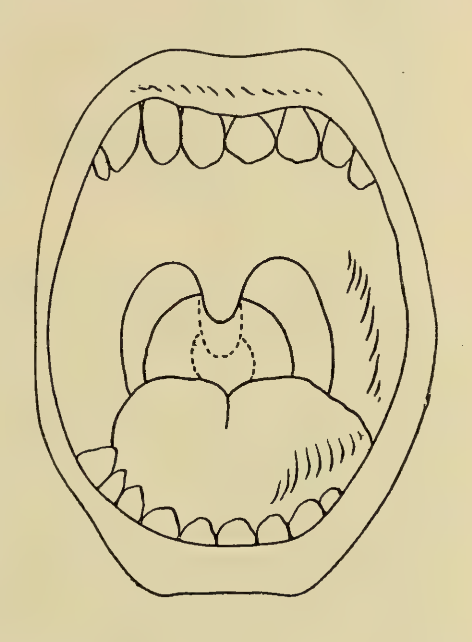
Weiter verlieren sich beim einzelnen Schlucke völlig die Erscheinungen der Erregung sowie der Hemmung, und es bedarf einer ganzen Reihe schnell nacheinander folgender Schlucke, um diese Erscheinungen überhaupt bemerkbar zu machen.

---

[1] Marckwald, *Über die Ausbreitung der Erregung und Hemmung vom Schluckzentrum auf das Atemzentrum.* S. 51.

Es ist klar, daß diese Umstände große Schwierigkeiten dem Beobachter des Schluckaktes bereiteten.

Wir waren bestrebt, den Schluckakt anatomisch zu zergliedern und dessen jedes Glied genauer zu untersuchen. Nach längerer Zeit gelang es uns, eine besondere Stellung der Mundhöhle zu finden, die auf dem Wege des Schluckaktes lag und welche dem schluckauslösenden Momente am nächsten sich befand.



Für diese Stellung ist am meisten charakteristisch, wie man aus der nebenstehenden Zeichnung ersieht, das Zusammenziehen der hinteren Gaumenbögen (durch punktierte Linien angegeben), welche den Pharynxeingang bis zu einem schmalen Spalt verengen, dessen oberen Teil das erschlaffte Zäpfchen zudeckt.

Diese Stellung hat eine physiologische Bedeutung: nämlich, wenn ich sie machte, entstand immer eine Pulsbeschleunigung, die so lange fortdauerte, als jene bestimmte Stellung vorhanden war. Die vermehrte Pulszahl war nicht groß und schwankte zwischen 5 und 30 Schlägen pro Minute. (S. die zusammengestellten Versuche Nr. 1, 2.)

Die Höhe der Anstrengung spielte dabei eine Rolle. Auch der Ausgangspuls war nicht ohne Einfluß auf die Pulsbeschleunigung: je höher nämlich der normale Puls war, um so kleiner erschien die Pulsdifferenz.

Die erste Frage, die wir uns gestellt haben, war folgende: ist die bei der genannten Stellung eintretende Pulsbeschleunigung rein individuell, oder besitzt sie einen allgemeineren Charakter. Zu diesem Zwecke war die palato-pharyngeale Stellung dem Kollegen D. gezeigt.

Nach einer Viertelstunde Übung hat er die Stellung der Mundhöhle nachmachen können. Während der Übung bekam er nicht einmal eine dem Nausea ähnliche Empfindung.

Sein normaler Puls betrug 69—70 pro Minute. Bei der p.-ph. Spannung stieg er bis auf 78. Der Versuch wurde wiederholt mit denselben Resultaten. (Versuch Nr. 3.)

Aus diesen Versuchen ersieht man, daß auch bei einer anderen Person die Spannung der p.-ph. Falten mit einer Beschleunigung der Herzschläge verbunden ist.

Da bei unserer Stellung die Stimmritze geschlossen ist, so könnte man den Zweifel hegen, ob nicht die erhöhte Pulsfrequenz vom Aufheben der Atmung stamme und nicht von der Stellung selber.

Aber auch dieses ist nicht der Fall; mehrere Versuche des Nichtatmens gaben entweder keine Differenz, oder eine kleine Erniedrigung der Pulszahl (um 2—3 pro Minute). (S. Versuch Nr. 4.)

Außer den Pulserscheinungen ist die beschriebene Stellung auch in anderer Hinsicht beachtenswert: sie hat auch eine Herabsetzung des Atmungsbedürfnisses zur Folge.

Folgender Versuch wurde ausgeführt. Wie enthielten uns möglichst lange vom Atmen; sobald das Gefühl eintrat, daß wir nicht mehr aushalten können, benutzten wir die „p.-ph. Stellung“ und bekamen von neuem die Möglichkeit, eine Zeilang ohne Atmen zu bleiben. Das Aufheben der Atmung war verschieden lang, manchmal mehr als eine Minute, manchmal nur eine halbe Minute und noch weniger.

Die vorhergehende tiefe Inspiration verlängerte die Dauer, Ermüdung usw., verkürzte sie (s. Versuch Nr. 5). Bei unserer Mundhöhlenstellung erhöhte sie die Dauer noch um 10—25 Sekunden.

Dieselben Resultate in bezug auf den Puls und Atmung bekamen wir bei der Wiederholung des Kronecker-Meltzerschen Versuches, nämlich durch Trinken von Wasser (s. Versuch Nr. 6 und 7). Da die Pulsbeschleunigung fast keine Nachwirkung ergab, so ist sie durch die Hemmung des Herzzentrums zu erklären (s. Versuch Nr. 8). Und so können wir sagen: zwischen den Erscheinungen, welche Meltzer beim Schluckakte in toto beobachtet hat und denen, welche mit der isolierten Stellung der Mundhöhle verbunden sind, ist kein Unterschied. Die einen und die anderen rühren von derselben Ursache her, von der Hemmung der Herz- und Atemzentren. Wenn also die „p.-ph. Stellung“ das Hemmungsstadium im Schluckakte bedeutet, so muß ihr ein Stadium der Erregung vorausgehen.

Das Typische für das neue Stadium, wie wir gesehen haben, ist die Erregung des Atemzentrums, welches in der sog. Schluckatmung sich äußert.

Marckwald hält nur die Unterbrechung der Atmung während des Schluckens für wichtig; „sie ist“, sagt er, „der wirksamste Schutz des Organismus gegen die Gefahren des Verschluckens“. Aber die kleine Inspiration, die mit dem Heben des Levator veli palatini verknüpft zu sein scheint, hat selber einen Nutzen für den Organismus: sie nimmt teil am

Versperren des Cavum pharyngonasale von der Mundhöhle und verhindert auf diese Weise das Eintreten der Speisen in den Nasenraum.

Das Erregungsstadium des Schluckaktes zu isolieren, so, wie wir es mit dem Stadium der Hemmung gemacht haben, gelang uns nicht, ungeachtet der verschiedenen Kunstgriffe, die wir dazu gebraucht haben. Da der Erregungszustand des Atmungszentrums für Beobachtungen ungeeignet erscheint, so beschränkten wir dieselben nur auf die Pulsfrequenz.

Bei einigen Versuchen trat wirklich eine Pulsverlangsamung ein (der Levator veli palatini drückte an die Pharynxwand — tiefe Atemzüge), aber sie war so unbeständig und im ganzen so gering, daß man daraus keinen Schluß ziehen konnte.

Eine Variation des Schluckaktes haben wir in dem Ruminationsprozesse der Wiederkäuer und dem Brechakte. Diese Vorgänge sind auch von einer Pulsbeschleunigung begleitet.

Wovon könnte die letztere stammen? Wir haben kein Recht zu bezweifeln: die vermehrte Pulszahl könnte von den Magen- und Darmbewegungen herrühren, die ja doch mit der Reizung der Acceleranten cordis verknüpft sind. Doch die Acceleranten werden wohl nicht die einzigen Pulsbeschleuniger in umserem Falle sein. Man weiß, daß beim Erbrechen der Larynx, sowie der Nasenrachenraum in derselben Weise als beim Schlucken abgeschlossen wird.[1] Bedenken wir weiter, daß das Verschließen des Larynx mit der „p.-ph. Hemmungsstellung" verbunden ist, bei der die Pulszahl sich erhöht. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Stellung sowohl zum Schlucken wie auch zum Brechakt Beziehungen hat. Von hier aus könnte der Prozeß in der einen oder anderen Richtung sich abspielen; alles hängt davon ab, geht der Reiz vom Munde oder vom Magen aus.

Bei öfterer Ausführung dieser Stellung zu den Zwecken des Schluckens bekam man mehrfalls eine Empfindung des Vomitus.

So wäre die erhöhte Pulsfrequenz beim Brechakte durch die Hemmung des Vagus zu erklären. Damit stimmt auch die Beobachtung von Lichtenfels und Fröhlich überein (zitiert bei Knoll: „Untersuchungen über die normale Pulsfrequenz der Rinder und Schweine), daß nach jedem gewöhnlichen Mahle bei Wiederkäuern der Puls steigt, dann wieder fällt bis zum Moment, wo die Verdauung von neuem beginnt. (Es ist hier gewiß nicht die Verdauung, sondern das Wiederkauen gemeint.)

---

[1] Tigerstedt: *Lehrbuch der Physiologie.*

Nun erhebt sich eine interessante Frage. Besitzt nur der Schluckakt diese Puls- und Atembeeinflussung, oder liegt hier ein allgemeineres Prinzip vor.

Nehmen wir z. B. den Niesreflex. Daß er die Atmung retardiert, ist bekannt. In mehreren Versuchen, die wir an uns und anderen Personen angestellt haben, bekamen wir auch eine beträchtliche Pulsbeschleunigung, welche während der ganzen Periode, während der Schnupftabak gerochen wurde, anhielt.[1] Das letztere bedeutet, daß nicht nur der Niesreflex, sondern auch einfache Reizung der Nasenschleimhaut die erhöhte Pulsfrequenz bewirkt. Andererseits ist es auch eine bekannte Tatsache, daß die Reizung der Nasenschleimhaut ein Aufheben der Atmung zur Folge hat. Läßt man nämlich ein Kaninchen Ammoniak riechen, so hört für eine geraume Zeit der Atem beim Tiere auf.

Als nebensächliche Erscheinungen wollen wir noch folgende Tatsachen anführen:

1. Kurz vor dem Niesen konnte nicht geschluckt werden und 2. durch Schlucken sowie durch kräftiges Atmen konnte andererseits das Niesen verhindert werden.

In Widerspruch mit unseren Versuchen stehen die Beobachtungen von Dogiel, der Herzstillstand oder Verlangsamung sah, wenn man einem Kaninchen Chloroform zu riechen gab (zitiert bei Tigerstedt). Tigerstedt fügt hinzu: ,,Soviel ich weiß, hat man bei unversehrten Vagi bei Reizung des Trigeminus niemals eine Beschleunigung der Herzschläge gefunden.[2]

Um die Einwirkung der Atmungsorgane auf die Pulsfrequenz so gut wie möglich auszuschließen, haben wir folgenden einfachen Versuch angestellt.

Ein Stück Papier war zu einem dünnen Stab gerollt und mit demselben die Nasenschleimhaut an verschiedenen Stellen gereizt.

Immer ergab diese Manipulation eine Pulsbeschleunigung (Versuch Nr. 12).

Der Versuch wurde an einigen anderen Personen mit demselben Erfolg wiederholt.

Als Nebenerscheinungen konnte man zeitweise den Tränenerguß und das Niesen beobachten. Aber diese Erscheinungen traten durchaus nicht immer auf.

---

[1] S. Versuche Nr. 9—11.

[2] Tigerstedt, *Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufs.* Leipzig 1893. S. 288.

Die Pulsdifferenz schwankte bei verschiedenen Personen von 6—10—12 pro Minute. Wenn das Niesen noch hinzukam, so stieg der Puls beträchtlich höher.

Das einfache Riechen von Chloroform hatte entweder gar keine Wirkung, oder eine geringe Beschleunigung zur Folge. Die fehlende Wirkung kommt vielleicht davon, daß der Trichlormethan zu wenig aufgezogen wurde: eine offene Flasche mit Chloroform wurde während einer Minute vor die Nase gehalten.

Es gibt wahrscheinlich auch andere Reflexe, welche den gleichen Mechanismus haben, aber sehr viel wichtiger scheinen uns die Erscheinungen der Hemmung zu sein, die wir bei den willkürlichen Muskelkontraktionen auftreten gesehen haben. „Aus den Erfahrungen mit der gleichzeitigen Durchschneidung der Vagi und des Gehirns oberhalb des Kopfmarkes scheint hervorzugehen, daß die vom Gehirn kommenden Bahnen unter Umständen eine sehr große Bedeutung für die Atmung haben, und zwar in derselben Weise, wie die Nn. vagi, d. h. inspirationshemmend wirken. Man hat angesichts des großen Einflusses, den der Trigeminus auf die Atmung ausübt, angenommen, diese Bahnen kämen vom sensiblen Trigeminuskern. Dagegen wird es aber bemerkt, daß man am vagotomierten Tiere nach doppelseitiger Durchschneidung des Trigeminus nicht denselben Erscheinungen als nach Durchtrennung des Gehirns begegnet. Nach Lewandowsky tritt die betreffende Erscheinung nur dann ein, wenn durch den Schnitt die Verbindung der hinteren Vierhügel mit dem Kopfmark aufgehoben wird: die hierbei beteiligten Bahnen würden also den hinteren Vierhügeln entstammen.[1]

Ein von jedermann leicht durchführbarer Versuch läßt uns die Meinung aussprechen, daß noch eine Art von Bahnen — nämlich die motorischen Bahnen — in Betracht gezogen werden müssen bei der Frage über die Atmungshemmung. Der Versuch ist folgender:

Es wird die Atmung sistiert, und wenn dieselbe schon unmöglich ist, versetzt man die gesamte Körpermuskulatur in dauernden, willkürlichen Tetanus.

An mehreren Personen in mehr als 50 Versuchen war folgendes erprobt: jeder konnte bei diesen Umständen noch eine kürzere oder längere Zeit ohne Atem verbleiben. Die Dauer verlängerten Atemstillstandes schwankte zwischen 3—28 Sekunden. Bei Personen, die keinen willkürlichen Tetanus ausführen konnten, war auch die Verlängerung sehr gering (s. die beiden Versuchsreihen Nr. 13 und 14).

---

[1] Nagel, *Handbuch der Physiologie.*

War der Versuch derart modifiziert, daß das anfängliche Sistieren des Atems von willkürlicher Muskelkontraktion begleitet wurde, so hatte der Übergang in die Ruhe immer eine sofortige Inspirationsbewegung zur Folge.

Da der willkürliche, dauernde Tetanus eine sehr große Anstrengung erfordert, so verkürzten und vereinfachten wir den Versuch dadurch, daß der Tetanus im Zustande der Expiration gemacht wurde (s. Versuchsreihe Nr. 14).

Nur in zwei Fällen blieben die Versuchspersonen scheinbar noch 2—3 Sekunden ohne Atmung, wenn sie in den Ruhezustand übergegangen waren. In einem Falle wurde der Versuch wiederholt, und es ergab sich, daß im ersten Versuch das Sistieren der Atmung nicht bis zum äußersten ausgeführt worden war. Dem Resultate des anderen Versuchs liegt, glauben wir, dieselbe Ursache zugrunde.

Wir gingen weiter und beobachteten die meisten Bewegungen, die täglich ausgeführt werden, und überall trafen wir dieselben Erscheinungen, welche auf einen Hemmungsakt hinweisen. So betrug während des ruhigen Sitzens die Zahl der Atmungen 16—17 pro Minute. Nun machen wir einige Minuten lang einen Spaziergang — die Zahl steigt bis auf 20—25 pro Minute. Jetzt bleiben wir stehen — die Zahl der Atmungen aber steigt noch höher, bis auf 30—31.

Die Zahlen schwanken beträchtlich, aber lassen doch die charakteristischen Befunde, welche wir in folgender kleinen Tabelle darstellen, ersehen.

Zahl der Atmungen:

in der Ruhe	beim Gehen	beim Anhalten
20—23 pro Min.	26 pro Min.	30 pro Min.
	4 Min. = 98 Atm.	
	24½ pro Min.	31 pro Min.
	5 Min. = 131 Atm.	
	26 pro Min.	32 pro Min.
	beim forcierten Gehen	
	4 Min. = 122 Atm.	
	30½ pro Min.	34 (½ Min. = 17).
	(S. Versuch Nr. 15.)	

Was bedeutet diese nachträgliche Erhöhung der Zahl der Atemzüge? Nichts anderes, als daß während des Gehens eine hemmende Kraft vorhanden war, die durch das Gehen bedingt war. Nach dem Ende des Gehens hört auch die Hemmung zu wirken auf, und die Atmungszahl geht in die Höhe. Und doch müssen wir sagen, daß nicht immer und nicht bei

allen Personen diese Nachwirkung eingetreten ist. Denn individuell verschieden ist das gegenseitige Verhältnis zwischen den Reiz- und Hemmungswirkungen. Beim Bergaufsteigen erhielten wir ein gleiches Bild.

Zahl der Atmungen:

in der Ruhe	bergauf	Halt
23 pro Min.	26, 28 pro Min.	30
	32	40 (10 in 15 Sek.).

(Versuch Nr. 16.)

Das Laufen ergab dasselbe Resultat:

in der Ruhe	während des Laufes	Nachwirkung
—	35 Atmungen	40 (15 Sek. 10)
19, 20—21	24, 37	44, 43

(Versuch Nr. 17.)

Auch während der verschiedenen Arbeiten: wir hoben ein Gewicht, oder wir banden das Gewicht, in der Ruhe sitzend, an den freiherunterhängenden Arm, oder wir hoben unseren eigenen Körper, — überall trat dieselbe Tatsache mehr oder weniger scharf ausgedrückt zum Vorschein.

Als typische Kurve könnte also folgende dienen:

Die Atmungszahl war:

in der Ruhe	während der Arbeit				Nachwirkung
—	1 Min.,	2 Min.,	3 Min.,	4 Min.	—
a	a	x + a	x + a + b	x + a + b + c	x + a + b + c + N.

In einigen Fällen trat der Hemmungsvorgang außerordentlich deutlich auf, namentlich im Anfange des Versuches: es gab während der ersten halben oder ganzen Minute eine Verminderung der Zahl der Atmungen.

In verschiedenen Fällen erhielten wir an uns und anderen Personen folgende Zahlen:

in der Ruhe Zahl der Atmungen	Spannen der Muskeln oder Halten eines Gewichts	Nachwirkung
1 Min. $23^1/_2$ (im Mittel)	$22^1/_2$ Atm. pro Min.	32
17 ,, ,,	16 ,, ,, ,,	24
16 ,, ,,	12 ,, ,, ,,	17
20 ,, ,,	16—17 ,, ,, ,,	22

(Versuch Nr, 18.)

Wenn die Arbeit längere Zeit fortdauerte, so stiegen die Zahlen der zweiten Graphe in der Weise, wie es schon früher angegeben war. Im Ganzen bekommt das Schema folgendes Aussehen:

Zahl der Atmungen:

in Ruhe	Arbeit					Nachwirkung
—	1 Min.	2 Min.	3 Min.	4 Min.	5 Min.	
X	x − a	x	x + a	x + a + b	x + a + b + c	x + a + b + c + N.

Und hier müssen wir betonen, daß bei einigen Versuchen die Zahl (x − a) der Atmungen eine lange Zeit dauerte. In anderen Fällen blieb die Zahl der Atmungen auf einer gewissen Höhe (z. B. x + a) lange stehen, oder ergab kleine Schwankungen, nämlich, wenn ein Gleichgewichtszustand während der Arbeit eingetreten war.[1] (Versuch Nr. 19 unter M. K.)

Wenn die Zahl der Atmungen nach Aufhören der Arbeit in die Höhe geht, ist es dann die einzige Möglichkeit, einen Hemmungsvorgang im Atmungszentrum zu erschließen? Die erhöhte oder verminderte Atmungszahl, nur als solche gefaßt, gibt dazu noch kein Recht.

Die Atmungsfrequenz könnte allein verändert sein, ohne zugleich eine Veränderung der Menge der eingeatmeten Luft zur Folge zu haben. Nämlich, falls die höhere Frequenz mit der Abnahme der Tiefe verknüpft ist.

Um diese Frage zu lösen, benutzten wir den Spirometer von Prof. Fleischl. Es bestätigte sich, daß wir wirklich mit einer Hemmung des Atmungszentrums zu tun haben. Hier sei uns gestattet, nur das Resultat eines am meisten charakteristischen Versuches anzuführen. 7 Minuten nacheinander war sowie die Zahl der Atmungen in der Ruhe, so auch die Menge der ausgeatmeten Luft gezählt und notiert. Man bekam:

in der 1. Minute	bei	20	Atmungen	. . . .	8·4	Liter Luft
,, ,, 2. ,,	,,	21	,,	. . . .	8·6	,, ,,
,, ,, 3. ,,	,,	20	,,	. . . .	8·8	,, ,,
,, ,, 4. ,,	,,	20	,,	. . . .	8·4	,, ,,
,, ,, 5. ,,	,,	20	,,	. . . .	8·4	,, ,,
,, ,, 6. ,,	,,	20	,,	. . . .	8·0	,, ,,
,, ,, 7. ,,	,,	20	,,	. . . .	8·4	,, ,,

Jetzt wurde ein Gewicht von 20 Pfund mit der linken Hand in der Streckstellung des Armes gehalten.

Nach 7 Minuten wurde die Hand entlastet, die Zählungen aber wurden fortgesetzt.

Es ergab während der Muskeltätigkeit:

---

[1] Eine völlige Übereinstimmung mit der Pulsfrequenz.

1. Minute bei	20 Atmungen	. . . .	5·8 Liter Luft
2. ,, ,,	18 ,,	. . . .	7·0 ,, ,,
3. ,, ,,	18 ,,	. . . .	7·6 ,, ,,
4. ,, ,,	19 ,,	. . . .	7·6 ,, ,,
5. ,, ,,	19 ,,	. . . .	9 ,, ,,
6. ,, ,,	20 ,,	. . . .	9 ,, ,,
7. ,, ,,	20 ,,	. . . .	9·2 ,, ,,

Nach der Arbeit betrugen die entsprechenden Zahlen:

1. Minute bei	22 Atmungen	. . . .	8·8 Liter Luft
2. ,, ,,	22 ,,	. . . .	8·8 ,, ,,
3. ,, ,,	20 ,,	. . . .	8·2 ,, ,,
4. ,, ,,	21 ,,	. . . .	8·4 ,, ,,

Analysieren wir diesen Versuch, so zeigt er uns folgendes:

1. In der ersten Minute der Tätigkeit wirkt ausschließlich, oder hauptsächlich die Hemmung. 2. In den nächsten 2—4 Minuten kommt die Wirkung des Reizes auf das Atemzentrum hinzu. 3. In der 5.—7. Minute überwiegen die Reizerscheinungen die Hemmungserscheinungen. 4. Im folgenden fällt die Hemmung weg, die Wirkung des Reizes aber dauert fort, was besonders gut in der Zahl der Atmungen zu sehen ist.

Auf welche Weise die Hemmung des Atmungszentrums zustande kommt, wissen wir nicht. Nur vermutungsweise können wir den Weg der Hemmungen in den motorischen Bahnen sehen. Auch die Natur des Vorganges — ist er zentraler oder reflektorischer Art — ist bis jetzt unbekannt. In dieser Hinsicht wäre es, unserer Meinung nach, von Nutzen, die Atmungskurven mit den Veränderungen der Herztätigkeit während der Muskelarbeit zu vergleichen, was wir auch im nächsten Abschnitt an Menschen und Tieren auszuführen gedenken.

Zusammenfassung.

Die beim Schluckakte von Kronecker und Meltzer beobachteten Hemmungserscheinungen der Atmungs- und Herzzentren sind mit einer gewissen Stellung der Mundhöhle verbunden, die beim Schluckakte vorübergehend eingenommen wird, und welche isoliert vom letzteren eingenommen werden kann (sog. „palato-pharyngeale Spannungsstellung")[1]. Ähnliche Hemmungserscheinungen treten auch in den ersten Stadien der

[1] Diesen Erscheinungen nähern sich diejenigen einiger anderen Reflexe (Niesen usw.).

Muskeltätigkeit auf, z. B. beim Muskelspannungsversuch, welcher während einiger Zeit das Atembedürfnis aufhebt und eine beträchtliche Pulsbeschleunigung zur Folge hat (Hemmung des Vagus).

Dieselben Erscheinungen sind mit dem Gehen, Laufen, Bergaufsteigen, Heben und überhaupt mit jeder Arbeit verknüpft. Sie kommen im Anfang der Arbeit und nach Aufhören derselben am besten zum Vorschein.

Versuch Nr. 1 (19. Februar 1914, mit Herrn Prof. H. Kronecker).

Normaler Puls . . . . 60 Schläge pro Min.
Bei der „p.-ph. Spannung" . . . . . . 88 „ „ „

Versuch Nr. 2 (20. Februar 1914).

Normaler Puls . . . . 58—60 Schläge pro Min.
Bei der „p.-ph. Spannung":

pro Min. 72 H.-Schl.	die ersten	15 Sekunden	gaben	21 Schläge,	84	pro Min.
	„ zweiten	15 „	„	17 „	68	„ „
	„ dritten	15 „	„	17 „	68	„ „
	„ vierten	15 „	„	18 „	72	„ „
pro Min. 76 H.-Schl.	die folgenden	15 „	„	20 „	80	„ „
	„ „	15 „	„	18 „	72	„ „
	„ „	15 „	„	18 „	72	„ „
	„ „	15 „	„	20 „	80	„ „
pro Min. 78 H.-Schl.	die folgenden	15 „	„	19 „	76	„ „
	„ „	15 „	„	20 „	80	„ „
	„ „	15 „	„	19 „	76	„ „
	„ „	15 „	„	20 „	80	„ „

bei möglichst kräftiger „p.-ph. Spannung" gab es in $^1/_2$ Min. 43—45 Schläge
also in 1 Min. 86—90 Schläge

Versuch Nr. 3 (21. Februar 1914).

Kollege D. als Versuchsperson.

Sein normaler Puls betrug . . . . 69—71 Schläge pro Min.
Bei der „p.-ph. Spannung" hatte er . . . . 78 „ „ „

Einige Stunden nachher wurde der Versuch wiederholt.

Normaler Puls . . . . . . 71 Schläge pro Min.
Bei der Spannung . . . . 77 „ „ „
Bei der Spannung . . . . 80 „ „ „

Also erzeugt die Spannung der p.-ph. Falten auch bei einer anderen Person eine Beschleunigung der Herzschläge.

Versuch Nr. 4.

Normaler Puls . . . . 60 Schläge pro Min.
Puls beim Sistieren der Atmung $^1/_2$ Min. 29 . . . . . 58 „ „ „

Normaler Puls . . . . 54 „ „ „
Puls beim Sistieren der Atmung $^1/_2$ Min. 27 . . . . . 54 „ „ „

Der Versuch war mehrmals wiederholt mit denselben Resultaten.

Versuch Nr. 5.

Vermindert die „p.-ph. Spannung" die Atemnot?

1. Ohne Atmung . . . . . . 35 Sek. max.

bei der „p.-ph. Spannung" noch 12 Sek. konnte nicht geatmet werden. In anderen Fällen waren die entsprechenden Zahlen:

2. Ohne Atmung. . . . . 25 Sek.
„ noch . . . . 10 „
3. Ohne Atmung. . . . . 55 Sek.
p.-ph. Spannung . . . . 15 „
4. Ohne Atmung. . . . . 40 Sek.
p.-ph. Spannung . . . . 25 „
5. Ohne Atmung. . . . . 40 Sek.
p.-ph. Spannung . . . . 20 „
6. Ohne Atmung. . . . . 1 Min. 1 Sek.
p.-ph. Spannung . . . . 13 „

Der Versuch wurde noch öfters wiederholt.

Versuch Nr. 6.

In diesem Versuch war anstatt der „p.-ph. Spannung" Wasser getrunken.

1. Ohne Atmung. . . . . 50 Sek.
beim Trinken noch . . . . 11 „
2. Ohne Atmung. . . . . 48 Sek.
beim Trinken noch . . . . 7—8 „
3. Ohne Atmung. . . . . 58 Sek.
beim Trinken noch . . . . 10 „

Versuch Nr. 7.

Normaler Puls . . . . .59.

Beim Trinken mit kleinen Schlucken:

1 Min. 68 Herzschl.	die ersten	15	Sekunden	gaben	18	Pulse	72	pro Min.
	„ zweiten	15	„	„	17	„	68	„ „
	„ dritten	15	„	„	16	„	64	„ „
	„ vierten	15	„	„	17	„	68	„ „

Die zweite Minute . . . . 72 „ „
Die dritte Minute (mit dem Trinken aufgehört). 59—60 „ „

Daraus ersieht man, daß es fast keinen Unterschied gibt zwischen der Beschleunigung des Pulses, die durch Trinken und der, die durch Anspannen der hinteren Gaumenbogen erzeugt wird.

Versuch Nr. 8.

Dieser Versuch wurde ausgeführt, um die Nachwirkung des Pulses nach der „p.-ph. Spannung" zu erfahren.

Es ergab sich folgendes:

1. Normaler Puls . . . . 56 Schläge pro Min.

	10 Sek.	9 Herzschl.	(ohne gespannter Stellung)
folg.	10 „	11—12 „	(mit „ „)
„	10 „	9—10 „	(ohne „ „)
„	10 „	11—12 „	(mit „ „)
„	10 „	9—10 „	(ohne „ „)

2. mit Herrn Hrof. Kronecker.

	10 Sek.	9 Pulse	(ohne Spannung)
folg.	10 „	10 „	(„ „)
„	10 „	16 „	(mit „)
„	10 „	10 „	(ohne „)

Daraus ist ersichtlich, daß die Nachwirkung der „p.-ph. Spannung" eine äußerst geringe ist.

Versuch Nr. 9 (Mai 1914).

Normaler Puls	1/2 Min.	32 Schläge,	64 pro Min.
Schnupftabak wurde eingeführt. Kein Niesen	1/2 Min.	41 Schläge,	82 „ „
	1/2 „	41 „	82 „ „
	1/2 „	41 „	82 „ „
	1/2 „	42 „	84 „ „
	1/2 „	42 „	84 „ „
	1/2 „	41 „	82 „ „
	1/2 „	40 „	80 „ „
	1/2 „	41 „	82 „ „
	1/2 „	39 „	78 „ „
	1/2 „	41 „	82 „ „
wurde geniest	1/2 „	43 „	86 „ „
	1/2 „	45 „	90 „ „
	1/2 „	50 „	100 „ „

Außerdem wurde folgendes beobachtet:

I. Kurz vor dem Niesen konnte nicht geschluckt werden.

II. Durch Schlucken, sowie kräftiges Atmen konnte andererseits das Niesen verhindert werden.

Versuch Nr. 10. Versuchsperson Herr Karl Bartel.

Normaler Puls	1/2 Min.	42 Schläge,	84 pro Min.
Reiz, d. Nasenschleimhaut mit Schnupftabak	1/2 Min.	46 „	84 „ „
	1/2 „	42 „	86 „ „
	1/2 „	43 „	86 „ „
Niesen	1/2 „	47 „	94 „ „
	1/2 „	44—45 „	88—90 „ „

Das I. und II. des vorigen Versuches war von ihm bestätigt.
Fast dieselben Resultate ergaben Versuche auch an anderen Personen.

Versuch Nr. 11.

	Normaler Puls	Bei Riechen von Chloroform
Stud. med. Gr.	32—33 (pro Min. 64—66)	36 (72 pro Min.)
Kedloff	62—63	63, 63, 63, 62

Versuch Nr. 12.

Stud. med. Gr. Norm. Puls	32, 33, 32—33, 33 pro 1/2 Min.,	65 pro Min.
Reizung des V. N.	37	74 „ „
(Niesen)	42 „ 1/2 „	84 „ „
	42 „ 1/2 „	84 „ „

M. Kedroff. Normaler Puls 60
Reizung mit Papier des V. N. 64, 65, 70, 71, 71.
Der Versuch mehrmals wiederholt.

H. K. Normaler Puls . . 50 pro Min.
bei Reizung des V. . 60 „ „

Versuchsreihe Nr. 13.

	ohne Atem geblieben		und noch beim Anspannen der Muskulatur
Herr Prof. H. Kronecker . .	45 Sek.		— Sek.
	30 „	+	26 „
Herr Schaposchnikoff . . .	1 Min. 4 „	+	21 „
	1 „ 10 „	+	26 „
	1 „ 5 „	+	22 „
	1 „ — „	+	26 „
M. Kedroff.	40 „	+	15 „
	1 Min. 12 „	+	13 „
	1 „ 10 „	+	12 „
H. W.	1 „ 10 „	+	10 „
	1 „ — „	+	10 „
bei Exspiration	30 „	+	4 „
Herr Sch.	35 „	+	5 „
K.	10 „	+	3 „
M.	40 „	+	25 „

	ohne Atem geblieben		und noch beim Anspannen der Muskulatur
Herr B.	46 „	+	12 Sek.
St.	35 „	+	4 „
M.	35 „	+	7 „
P.	35 „	+	18 „
L.	48 „	+	8 „
W.	35 „	+	13 „
F.	58 „	+	22 „
G.	45 „	+	15 „
B.	30 „	+	8 „
S.	{1 Min. 1 „	+	15 „
	{1 „ — „	+	15 „
M.	37 „	+	28 „
B.	42 „	+	4 „
N.	50 „	+	20 „
J.	? „	+	5—6 „
G.	1 Min. 13 „	+	10 „
S.	58 „	+	24 „
K.	11 „	+	3 „
O.	25 „	+	5 „
D.	18 „	+	15 „

Versuchsreihe Nr. 14.

	ohne Atem geblieben bei gleichzeitiger Anspannung der Muskulatur (Exspir.)		ohne Atem geblieben, wenn
K.	30 Sek.	+	0 Sek.
W.	25 „	+	0 „
H. K.	19 „	+	0 „
St.	15 „	+	0 „
P.	8 „	+	0 „
L.	15 „	+	0 „
W.	22 „	+	0 „
F.	40 „	+	3 ? „
G.	28 „	+	2 „
Derselbe Versuch wiederholt, ergab:	29 Sek.	+	1 Sek.
S.	10 „	+	0 „
M. (mit Exsp.)	15 „	+	0 „
M. (mit Insp.)	42 „	+	0 „
B.	25 „	+	0 „
Gr.	25 „	+	0 „
G.	25 „	+	0 „
S.	22 „	+	0 „
Sch.	20 „	+	0 „

Versuch Nr. 15.

Zahl der Atmungen:

in der Ruhe	beim Gehen	beim Anhalten
20—23 pro Min.	26 pro Min.	30 pro Min.
	4 Min. = 98 Atmungen $24^1/_2$ pro Min.	31 ,, ,,
	5 Min. = 131 Atmungen 26 pro Min.	32 ,, ,,

beim forcierten Gehen		beim Anhalten
in 4 Min.	122 Atmungen	
in 1 Min.	$30^1/_2$,,	34 (17 Atm. $^1/_2$ Min.)

Auch bei anderen Personen bekam man ähnliche Resultate.

Zahl der Atmungen pro Minute:

bei	während des Gehens	beim Anhalten
K.	20, 20, 20—21	24
O. K.	15, 15	16
D.	19, 20, 21	24 (12 pro $^1/_2$ Min.)
N.	20	24 (12 ,, $^1/_2$,,)
	17, 18	22 (11 ,, $^1/_2$,,)

Versuch Nr. 16

Zahl der Atmungen pro Min.:

bei	in der Ruhe	Bergauf	Halt
M. K.	23	26, 28	30
	—	32	40 (10 Atm. in 15 Sek.)
	—	27, 27	28
O. K.	sitzend 13, 12	14, bis 26	22 (11 Atm. in $^1/_2$ Min.)
D.	—	24	28
	—	24, 24	30 (15 Atm. in $^1/_2$ Min.)
N.	21	24, 27, 28, 28	36 (18 Atm. in $^1/_2$ Min.)

Versuch Nr. 17.

Zahl der Atmungen pro Minute:

in der Ruhe	während des Laufens	Nachwirkung
—	35	40
19, 20—21	24, 37	44, 43

Versuch Nr. 18.

Zahl der Atmungen pro Minute:

	in der Ruhe	bei Anspannen der Muskulatur oder beim Heben eines Gewichts oder seines eigenen Körpers	Nachwirkung
K.	23 1/2 (im Mittel von mehreren Zählungen)	22 1/2	32
	17, 17, 17, 18	16, 18	24
		18, 21	24
Sch.	16, 17, 16	15	22 (11 Atm. in 1/2 Min.)
	16	12, 12, 12	17
N.	20	16—17	22
	16, 17, 17	15, 15, 16, 17, 18	22

Versuch Nr. 19.

		normal	während der Arbeit	Nachwirkung
K.	Pulsfrequenz . . .	62	83	75, 64
	Atmungszahl . . .	22	23	25, 24
K.	Pulsfrequenz . . .	57	70, 74	62, 59
	Atmungszahl . . .	19—20	18, 22	27

		pro Minute		
		normal	beim Anhängen an den Arm einer Last von 10 kg	Nachwirkung
M. D.	Pulsfrequenz . .	65, 66	72, 74	64
	Atmungszahl . .	17, 16—17	19, 20	22

		pro Min.	beim Anhängen einer Last von 16 kg	
M. K.	Atmungszahl .	20, 20, 20—21	18...20—21...20...	—
		—	21—22	27

Versuch Nr. 20.

K.	in der Ruhe . . .	16—17	Atm.	= 10·8	Liter Luft ausgeatm. pro Min.
	Spann. der Muskel .	18 ?	„	= 9	„ „ „ „ „
	„ „ „ .	18	„	= 10·2	„ „ „ „ „
	Nachwirkung	22 (11 in 1/2 Min.)	„	= 10·8	„ „ „ „ „

Sch. Bei Ansp. der Musk.

25	1. Minute . . .	12 1/2	Atm.	= 8·15	Liter Luft ausgeatm. pro Min.
	2. „ . . .	12 1/2	„	= 8·15	„ „ „ „ „
26	3. Minute . . .	13	„	= 9·15	„ „ „ „ „
	4. „ . . .	13	„	= 9·15	„ „ „ „ „
Nachwirkung		15	„	= 9·2	„ „ „ „ „
		15	„	= 7·8	„ „ „ „ „

K. In der Ruhe	1. Minute	20 Atm.	= 8·4	Liter Luft ausgeatm. pro Min.
	2. „	21 „	= 8·6	„ „ „ „ „
	3. „	20 „	= 8·8	„ „ „ „ „
	4. „	20 „	= 8·4	„ „ „ „ „
	5. „	20 „	= 8·4	„ „ „ „ „
	6. „	20 „	= 8·0	„ „ „ „ „
	7. „	20 „	= 8·4	„ „ „ „ „
Während d. Arbeit	1. Minute	20 Atm.	= 5·8	Liter Luft ausgeatm. pro Min.
	2. „	18 „	= 7·0	„ „ „ „ „
	3. „	18 „	= 7·6	„ „ „ „ „
	4. „	19 „	= 7·6	„ „ „ „ „
	5. „	19 „	= 9·0	„ „ „ „ „
	6. „	20 „	= 9·0	„ „ „ „ „
	7. „	20 „	= 9·2	„ „ „ „ „
Nachwirkung	1. Minute	22 Atm.	= 8·8	Liter Luft ausgeatm. pro Min.
	2. „	22 „	= 8·8	„ „ „ „ „
	3. „	20 „	= 8·2	„ „ „ „ „
	4. „	21 „	= 8·4	„ „ „ „ „
Sch. In der Ruhe	1. Minute	12 Atm.	= 7·6	Liter Luft ausgeatm. pro Min.
	2. „	12 „	= 7·2	„ „ „ „ „
	3. „	12 „	= 7·2	„ „ „ „ „
	4. „	12 „	= 7·2	„ „ „ „ „
	5. „	11 „	= 6·7	„ „ „ „ „
	6. „	12 „	= 7·2	„ „ „ „ „
Während d. Arbeit	1. Minute	12 Atm.	= 6·8	Liter Luft ausgeatm. pro Min.
	2. „	11 „	= 6·4	„ „ „ „ „
	3. „	11 „	= 6·2	„ „ „ „ „
	4. „	11 „	= 6·0	„ „ „ „ „
	5. „	11 „	= 6·6	„ „ „ „ „
	6. „	10 „	= 5·8	„ „ „ „ „
	7. „	11 „	= 6·6	„ „ „ „ „
	8. „	10 „	= 5·6	„ „ „ „ „
	9. „	10 „	= 6·0	„ „ „ „ „
Nachwirkung	1. Minute	10 Atm.	= 7·0	Liter Luft ausgeatm. pro Min.
	2. „	10 „	= 7·2	„ „ „ „ „

Das Verhalten des Blutdrucks bei Muskelarbeit im normalen und ermüdeten Zustande.

Von

Ernst Gellhorn und **Hans Lewin.**

(Aus der physikalisch-psychologischen Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie.)

Die im folgenden beschriebenen Untersuchungen wurden von uns auf Anregung von Herrn Prof. Ernst Weber angestellt.

Schon seit langer Zeit ist es bekannt, daß körperliche Arbeit eine Erhöhung des Blutdrucks zur Folge hat. Nicht allein aus der stärkeren Pulsation der A. radialis und der Verstärkung des Herzspitzenstoßes, sondern auch aus zahlreichen Blutdruckmessungen, wie sie von verschiedenen Autoren mittels des Riva-Rocci und ähnlicher Apparate ausgeführt wurden, ging dies ganz eindeutig hervor. Diese Messungen wurden jedoch fast alle erst in einem bestimmten Augenblick nach Beendigung der körperlichen Arbeit vorgenommen, weil es bisher an einer Methode zur fortlaufenden Blutdruckregistrierung mangelte. Wie sich der Blutdruck während der geleisteten Arbeit, besonders bei geringer Muskelarbeit, verhält, darüber fehlen bisher genaue Resultate.

Die von E. Weber[1] mittels der Methode zur fortlaufenden Registrierung des Blutdrucks angestellten Untersuchungen über das Verhalten des Blutdrucks bei Bewegungsvorstellungen ergaben, daß der Blutdruck bei Bewegungsvorstellungen eine Steigerung erfährt. Dieses Verfahren, bei dem die Schwankungen der Quecksilbersäule, die auf einem in einem Gummisäckchen eingeschlossenen Finger lastet, mittels einer Mareyschen Kapsel auf einem Kymographion registriert werden, zeigt das Steigen oder Sinken

[1] Ernst Weber, Zur fortlaufenden Registrierung des menschlichen Blutdrucks. *Dies Archiv* 1913. Phys. Abtlg. S. 205.

des Blutdrucks durch Vergrößerung oder Verkleinerung der einzelnen Pulse an, vorausgesetzt, daß die Quecksilbersäule die genügende Höhe hat.

Auf diesen Punkt haben wir, entsprechend der Vorschrift E. Webers, besonders geachtet. Wir gingen stets so vor, daß wir das Quecksilber zunächst so hoch steigen ließen, bis jede Pulsation aufhörte, d. h. bis der

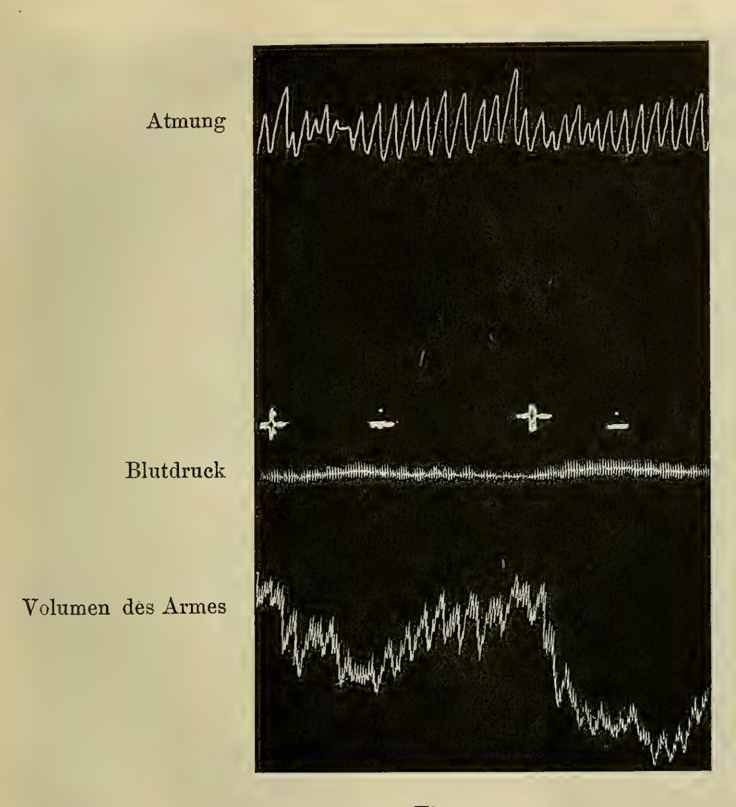


Fig. 1.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im Ermüdungszustande der Versuchsperson.

Außendruck den maximalen Blutdruck übertraf, und daß wir dann nur soviel Quecksilber abließen, bis die ersten Pulsschwankungen wieder sichtbar wurden.

Da nach einer geringen Muskelarbeit der Blutdruck sofort nach einer kurzen Steigerung wieder zur ursprünglichen Höhe zurückkehrt, so sind die Ergebnisse der Autoren, welche nur Einzelmessungen vornahmen, ohne jeden Wert, und nur eine fortlaufende Blutdruckregistrierung, wie sie oben geschildert ist, ergibt brauchbare Resultate.

Es war nun a priori anzunehmen, daß ebenso wie bei Bewegungsvorstellungen, auch bei tatsächlich ausgeführten Bewegungen eine Erhöhung des Blutdrucks eintreten würde. Dies war auch stets der Fall.

Bei den einzelnen Versuchen gingen wir in folgender Weise vor: Wir schrieben in jedem Fall gleichzeitig Blutdruck-, Volumen- und Atemkurve.

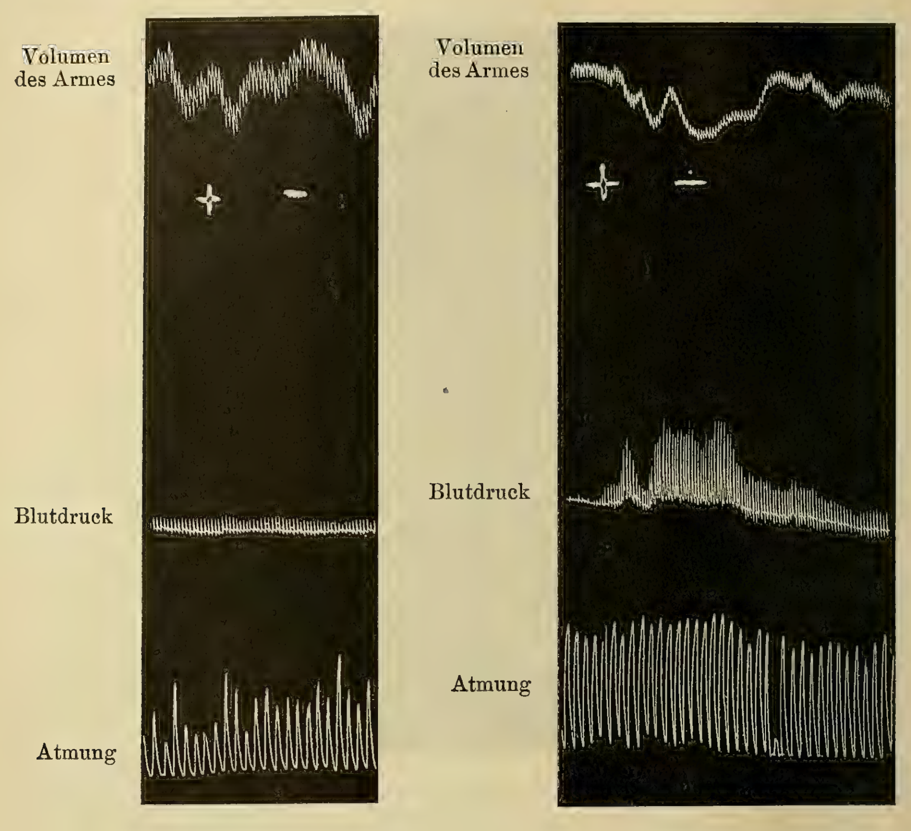


Fig. 2.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im frischen Zustande der Versuchsperson.

Fig. 3.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im Ermüdungszustande der Versuchsperson.

Zunächst registrierten wir die Kurven der Versuchsperson im normalen Zustand. Auf ein gegebenes Zeichen (+ in den Kurven) hatte die Versuchsperson eine bestimmte Muskelgruppe zu kontrahieren. Wir ließen zu diesem Zweck den Fuß dorsal flektieren, und zwar, um zu große Schwankungen der Atmung und Bewegungen des übrigen Körpers zu vermeiden, ganz allmählich und mit steigender Intensität. Auf ein zweites Zeichen

hin (— in den Kurven) wurde diese sog. Probekontraktion beendigt. Hatten wir auf diese Weise Normalkurven erhalten, so ließen wir die gleiche Dorsalflexion nun eine längere Zeit hindurch in bestimmtem Rhythmus ausführen, um die betreffende Muskelgruppe zu ermüden. Wir warteten dann mindestens 10 Minuten, die nach E. Weber[1] erforderlich sind, um eine

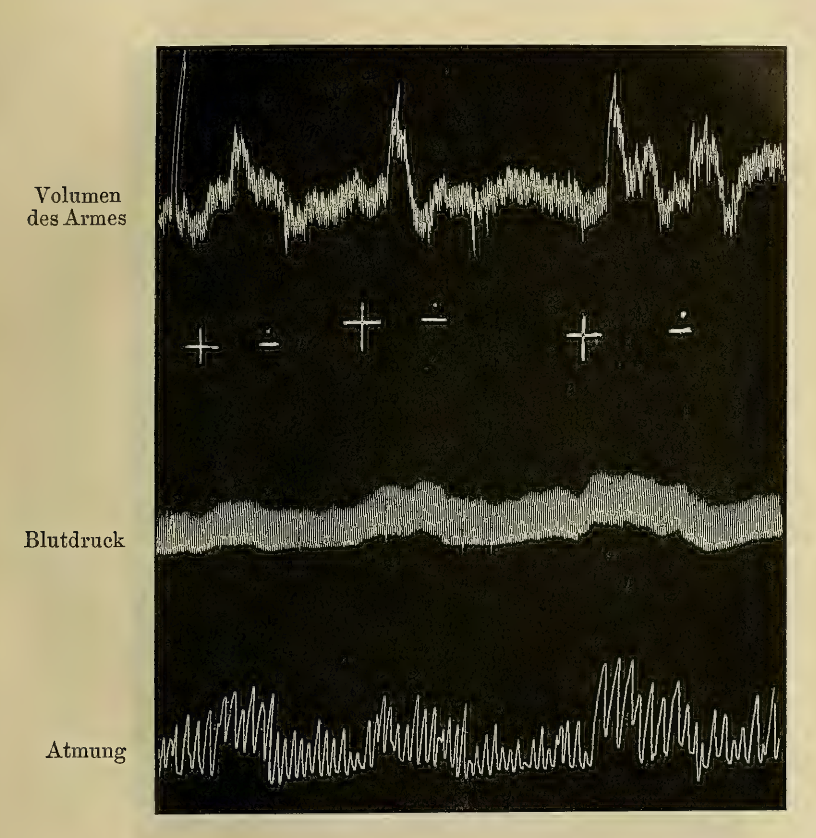


Fig. 4.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im frischen Zustande der Versuchsperson.

Umkehrung der normalen Gefäßreaktion herbeizuführen, und ließen dann nochmals als Probekontraktion eine Dorsalflexion des Fußes ausführen, wobei wir Blutdruck, Volumen des Armes und Atmung registrierten. Wenn dann die Volumenkurve ein Absinken und damit eine Umkehrung der normalen Gefäßreaktion anzeigte, so wußten wir, nach den eingehenden

[1] Ernst Weber, Die Beschleunigung des Eintretens der zentralen Ermüdung bei Muskelarbeit durch eine kurze Arbeitspause. *Dies Archiv* 1914. Phys. Abtlg. S. 330.

Untersuchungen E. Webers[1] über diese Verhältnisse, daß die Ermüdung eingetreten war. Wir konnten dann feststellen, wie sich der Blutdruck während einer körperlichen Arbeit im Ermüdungszustande verhält.

Von den von verschiedenen Versuchspersonen gewonnenen zahlreichen Kurven führen wir hier nur einige an, die wir jetzt betrachten wollen.

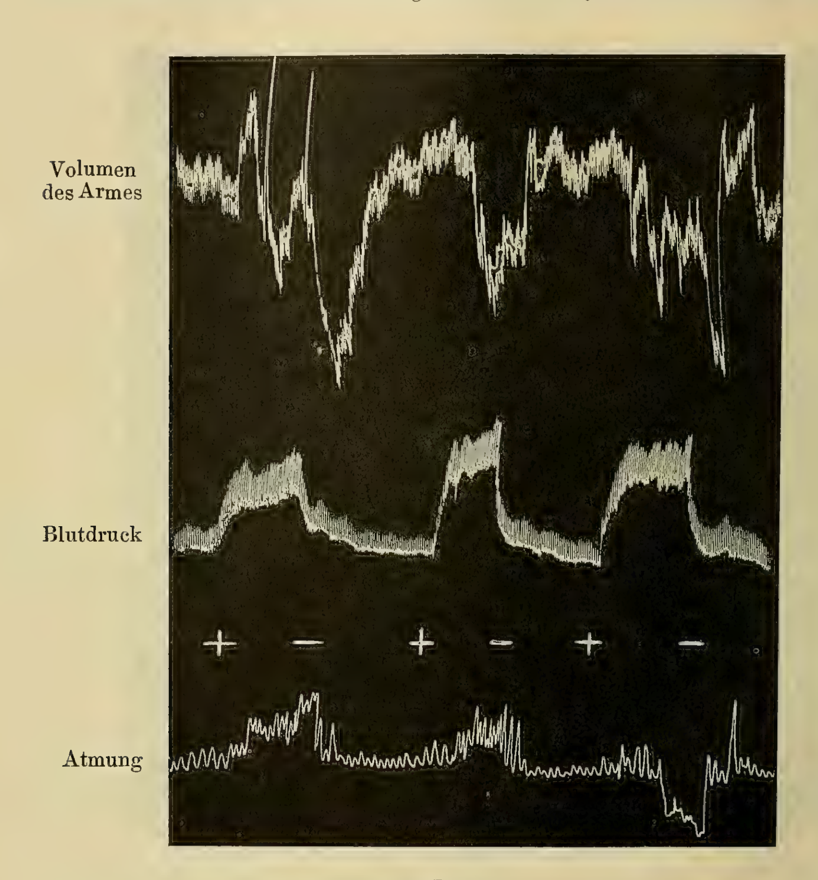


Fig. 5.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im Ermüdungszustande der Versuchsperson.

Fig. 1 zeigt das Verhalten des Blutdrucks bei der durch körperliche Arbeit bereits ermüdeten Versuchsperson Th. S., von der wir vorher normale Kurven erhalten hatten. Man erkennt, wie mit dem Beginn der

[1] Der Nachweis der durch Muskelarbeit herbeigeführten zentralen Ermüdung durch die Veränderung der bei Muskelarbeit eintretenden Blutverschiebung. *Dies Archiv.* 1914. Physiol. Abtlg. S. 290.

Muskelarbeit (bei +) die einzelnen Pulse der Blutdruckkurve größer werden, d. h. wie der Blutdruck ansteigt, um nach Beendigung der Arbeit (bei —) wieder abzusinken. Ein zweiter Versuch zeigt dasselbe Bild. Bei beiden Versuchen sinkt die Volumenkurve während der Muskelkontraktion erheblich ab, ein Beweis für die bereits eingetretene Ermüdung. Diese, wie alle folgenden Blutdruckkurven zeigt also, daß der Blutdruck bei körperlicher Arbeit auch im Ermüdungszustande der Versuchsperson eine Steigerung erfährt.

Figg. 2 und 3 stammen von derselben Versuchsperson G. D. Fig. 2 ist vor, Fig. 3 nach der Ermüdung aufgenommen. In Fig. 2 sehen wir während der Muskelkontraktion zwischen (+ und —) eine wenn auch geringe Volumzunahme und eine ebenfalls nur sehr geringe Blutdrucksteigerung. In Fig. 3 hingegen, wo die Versuchsperson bereits ermüdet ist, tritt während der Kontraktion eine sehr deutliche Blutdrucksteigerung ein, während die Volumenkurve deutlich absinkt. Auch hier haben wir demnach wieder auch bei Ermüdung eine Blutdrucksteigerung, sogar eine sehr verstärkte.

Die in gleicher Weise gewonnenen Figg. 4 und 5 der Versuchsperson F. G. sind wegen des auffallenden Verhaltens der Blutdruckkurven von besonderem Interesse. Während in Fig. 4 das Ansteigen der Volumenkurve und die Vergrößerung der Pulse der Blutdruckkurve das für Muskelarbeit normale Verhalten der Zirkulation zeigen, fällt in Fig. 5, die nach 10 Minuten dauernder Dorsalflexion des Fußes aufgenommen ist, das bedeutende Steigen des Blutdrucks auf, das mit einer erheblichen Abweichung der Blutdruckkurve von der Horizontalen verbunden ist. Diese Abweichung von der Horizontalen, welche auf eine eminent starke Erweiterung der großen Arterien hinweist, fand sich nur bei dieser einen Versuchsperson. Die später vorgenommene Untersuchung des Herzens ergab eine starke Hypertrophie besonders des linken Ventrikels. Es wäre falsch, wenn man der besonders in Fig. 5 recht unregelmäßigen Atmung einen größeren Einfluß auf die Blutverschiebung anschreiben wollte. Denn während diese in den beiden ersten Versuchen wesentlich im Inspirium vertieft ist, zeigt Versuch 3 eine wesentliche Veränderung im Exspirium und die Veränderung an den anderen Kurven bleibt doch dieselbe. Die Ermüdung ist durch das starke Absinken der Volumenkurven der Fig. 5 deutlich markiert. Es wäre interessant, wenn sich in anderen Fällen von Herzhypertrophie das gleiche Verhalten der Blutdruckkurve bei Muskelarbeit im Ermüdungszustand wiederfinden würde.

Der Zeitraum, nach welchem wir bei unseren Versuchen eine Umkehrung der Volumenkurve bekamen, war bei den verschiedenen Versuchs-

prozessen ganz verschieden groß. Schon Kraus[1] hat in einer Arbeit bei der Mitteilung seiner an Gesunden und Kranken aufgenommenen ergographischen Kurven darauf hingewiesen, daß ein Organismus um so gesunder ist, je weniger die absolute Muskelleistung durch Zunahme der

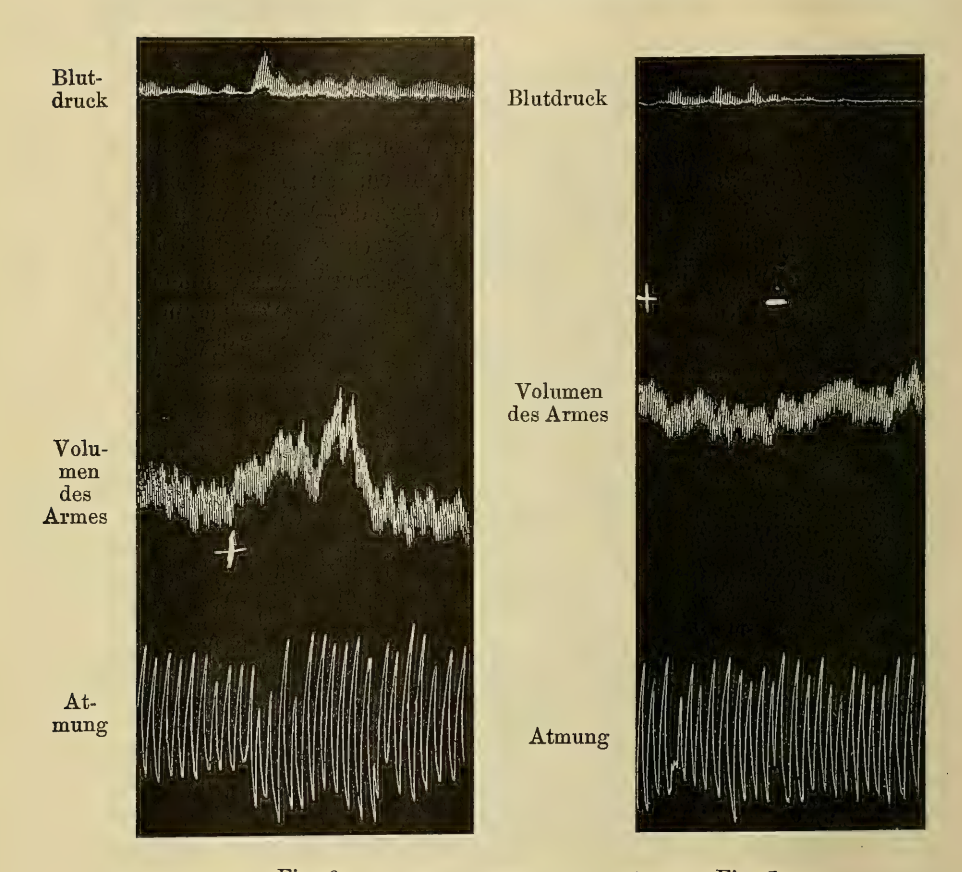


Fig. 6.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im frischen Zustande der Versuchsperson.

Fig. 7.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im Ermüdungszustande der Versuchsperson.

Belastung abnimmt, d.h. je schwieriger eine Ermüdung des Muskels herbeigeführt werden kann, so daß die Ermüdung als ein Maß der Konstitution angesehen werden kann.

---

[1] Friedrich Kraus, Die Ermüdung als ein Maß der Konstitution. *Bibliotheca medica.* 1897.

Recht charakteristisch in dieser Beziehung sind die Figg. 6 und 7 der Versuchsperson H. L., der einzigen von allen, welche sich regelmäßig sportlich, und zwar durch Rudern betätigte. Noch nach einer schon recht lange durchgeführten rhythmischen Dorsalflexion des Fußes erhielten wir die für Muskelarbeit normalen Kurven der Fig. 6. Erst nach starker körperlicher Arbeit — Dauerlauf von $^1/_2$ Stunde — trat eine, wenn auch

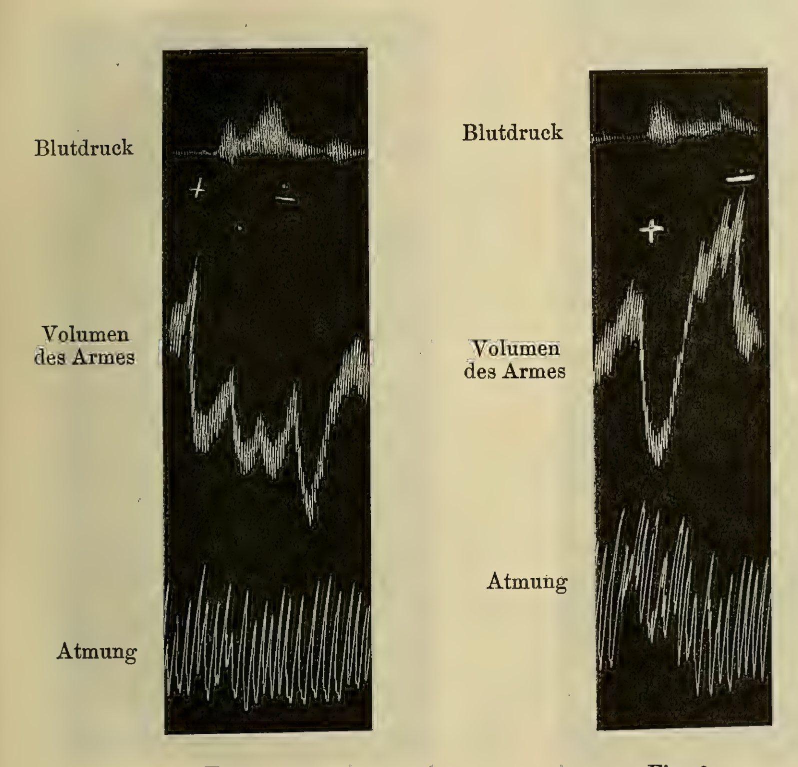


Fig. 8.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im Ermüdungszustande der Versuchsperson.

Fig. 9.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im frischen Zustande der Versuchsperson.

sehr geringe Umkehrung, d. h. ein Sinken der Volumenkurve auf, die auf einen leichten Ermüdungszustand hinweist. Die Blutdruckkurve zeigt während des Versuches die charakteristische Erhöhung des Blutdrucks an.

Von der Versuchsperson E. G., die während der Versuchsperiode sehr viel geistig zu arbeiten hatte, dagegen nur wenig körperliche Bewegung hatte, war es schwer eine normale Kurve zu erhalten. Doch zeigt die

Volumenkurve der Fig. 9, die von dieser Versuchsperson stammt, ein normales Verhalten. Zwar sinkt die Volumenkurve zu Beginn der Muskelkontraktion erheblich ab, doch ist diese Senkung wohl auf die inspira-

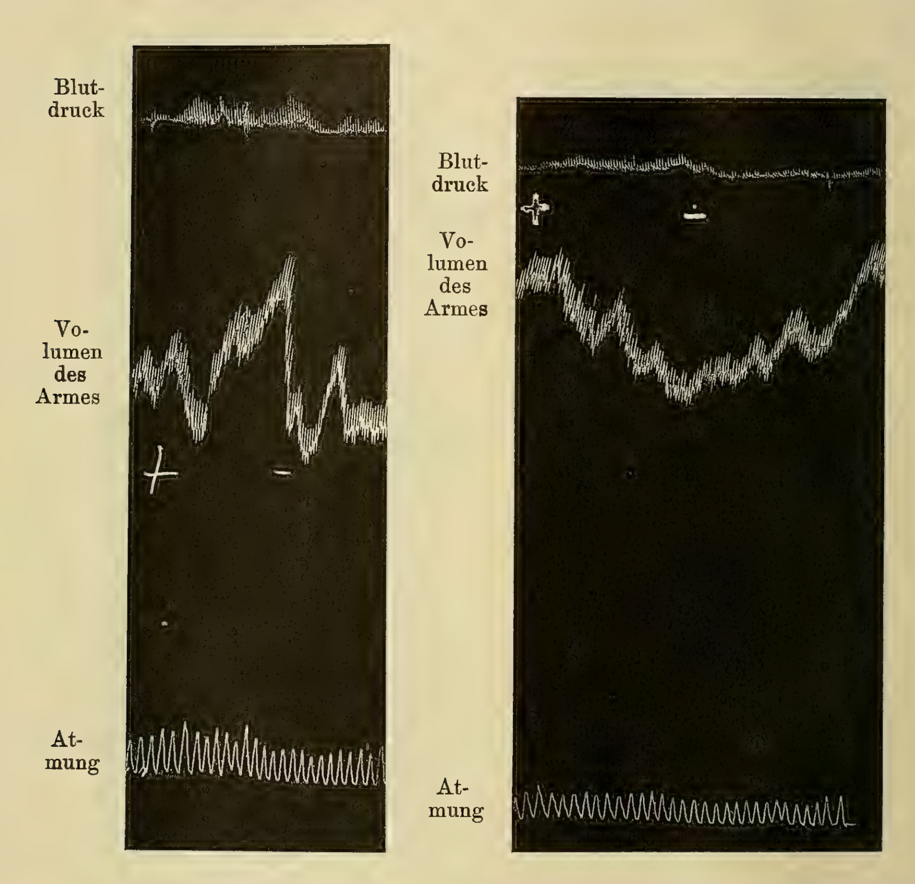


Fig. 10.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im frischen Zustande der Versuchsperson.

Fig. 11.
Von + bis — dauernde Dorsalflexion des Fußes im Ermüdungszustande der Versuchsperson.

torische Vertiefung der Atmung[1] zu beziehen. Mit dem Beginn der normalen Atmung zeigt auch die Volumenkurve den für Muskelarbeit charakteristischen Anstieg. Der Blutdruck ist während des Versuches deutlich

---

[1] Ernst Weber, Versuche über die Bedeutung der Atmungsschreibung bei plethysmographischen Untersuchungen. *Dies Archiv.* 1911. Physiol. Abtlg. S. 401.

gesteigert. Fig. 8 gibt das Resultat einer Untersuchung im Ermüdungszustande wieder. Auch hier zeigt der Blutdruck wieder eine sehr erhebliche Steigerung, während die Volumenkurve die für Ermüdung charakteristische Umkehrung der normalen Gefäßreaktion, d. h. ein Absinken bei Muskelarbeit aufweist.

Das normale Verhalten der Kurven zeigt Fig. 10 von der Versuchsperson M. M. Der Blutdruck steigt und die Volumenkurve geht nach oben. Nach Beendigung der Arbeit (bei —) sinkt die Volumenkurve wieder schroff ab, und der Blutdruck geht auf seine anfängliche Höhe herab. Nach künstlich herbeigeführter Ermüdung erhielten wir von dieser Versuchsperson die gleichen Ermüdungskurven, wie sie vorher geschildert sind. An einem Versuchstage gab diese Versuchsperson bereits zu Beginn des Versuchs, wie Fig. 11 zeigt, eine sehr deutliche Ermüdungskurve. Diese Ermüdung schon am Anfang war wohl darauf zurückzuführen, daß die Versuchsperson von der Wohnung ins Institut einen längeren Weg zurückzulegen hatte, durch den sie bereits ermüdet zur Untersuchung kam. Auch in diesem Fall, bei Ermüdung, weist der Blutdruck eine immerhin deutliche Steigerung auf.

Fassen wir unsere Ergebnisse zusammen, so geht aus den Untersuchungen hervor, daß Muskelarbeit sowohl im normalen wie im Ermüdungszustande stets eine Erhöhung des Blutdrucks zur Folge hat. Da die Volumenkurve nach der Ermüdung genau das entgegengesetzte Verhalten wie vor der Ermüdung zeigt, d. h. da sich normaliter die kleineren Gefäße der Extremitäten während einer körperlichen Arbeit erweitern, nach der Ermüdung dagegen kontrahieren, da aber gleichzeitig der Blutdruck stets eine Steigerung aufweist, so kann man mit Sicherheit annehmen, daß für diese Blutdrucksteigerung ein anderer Faktor als die Wirkung der Vasomotoren verantwortlich zu machen ist. Dieser Faktor, der also im wesentlichen die Höhe des Blutdruckes bestimmt, kann nur in der Arbeitsleistung des Herzens zu suchen sein, dessen vergrößertes resp. verkleinertes Schlagvolumen das Steigen resp. Sinken des Blutdrucks zur Folge hat.

Umgekehrt ist die Zunahme der Blutfülle der Muskeln bei frischer Muskelarbeit nicht von der verstärkten Herztätigkeit verursacht.

Unsere früheren Untersuchungen[1] über das Verhalten des Blutdrucks bei geistiger Arbeit hatten ergeben, daß der Blutdruck sowohl im nor-

---

[1] Ernst Gellhorn und Hans Lewin, Veränderungen des Blutdrucks bei psychischen Vorgängen an gesunden und kranken Menschen. *Dies Archiv.* 1913. Physiol. Abtlg. S. 225.

malen wie auch im Ermüdungszustand — hierüber wird Gellhorn demnächst ausführlich berichten — eine Steigerung erfährt, und daß das Verhalten des Blutdrucks erst bei fieberhaften Erkrankungen eine Änderung erfährt, derart, daß beim Patienten während geistiger Arbeit der Blutdruck sinkt.

Ob das Verhalten des Blutdrucks bei Muskelarbeit bei diesen Erkrankungen sich ebenfalls ändert, müssen weitere Untersuchungen lehren.

Energie- und Stoffwechsel zweier frühgeborener Säuglinge.

Von

Geheimrat **Rubner** und Prof. **Langstein**.

(Aus dem Kaiserin Auguste Victoria-Haus zur Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit im Deutschen Reiche, unter Mitarbeit von Dr. **Edelstein**.)

Der Gesamtstoffwechsel frühgeborener Säuglinge ist bis jetzt noch nicht untersucht worden. Das frühgeborene (nicht debile) Kind verfügt über eine große Wachstumsintensität. Die Verhältniszahl zwischen dem nach einiger Zeit erreichten und dem Geburtsgewicht kann bekanntlich bei Frühgeborenen unter Umständen um mehr als das Doppelte die Norm übersteigen. Es erhebt sich nun die Frage, ob diesen Besonderheiten des Wachstums auch solche des Energiewechsels und Stoffumsatzes entsprechen. Wir haben es deshalb unternommen, diese Lücke in der Stoffwechselphysiologie des Säuglings auszufüllen und haben zwei Frühgeborene (aus dem Anfang des 8. Schwangerschaftsmonates) in der 4. bis 5. Lebenswoche, nach dem Abklingen der physiologischen Gewichtsabnahme, zur Untersuchung herangezogen.

I. Versuch.

Kind Kasimir K., geboren 27. Februar 1914, aufgenommen 28. Februar 1914.

Unser Versuch wurde vorgenommen vom 24. bis 28. März (inklusive) und vom 30. März bis zum 3. April, umfaßt also zwei Halbperioden von je fünf vollen Tagen und fällt in die Zeit vom 26. bis 36. Lebenstag des Kindes.

Kasimir K. kam als Frühgeborenes am Tage nach der Geburt ins Haus, blieb in der Anstalt und ist bis heute in Beobachtung unserer Fürsorgestelle.

Bei der Aufnahme (am 2. Lebenstag) wog das Kind 2050 g, hatte eine Körperlänge von 44, einen Kopfumfang von 31, Brustumfang von 26 und Leibumfang von 27 cm.

Es ist das zweite Kind eines 27 jährigen gesunden Vaters und einer 21 jährigen gesunden Mutter.

Die Familienanamnese bietet keinerlei Besonderheiten.

Die Geburt des Kindes erfolgte am 27. Februar früh 7 Uhr und hatte völlig normalen Verlauf. Anwesend war dabei nur eine Hebamme. Nach Schätzung des später hinzugezogenen Arztes hatte die Geburt Ende des 7., Anfang des 8. Schwangerschaftsmonates stattgefunden. Einen Grund der vorzeitigen Ausstoßung weiß Mutter nicht anzugeben.

Bei der Aufnahme, die um die Mittagszeit war, hatte das Kind eine Temperatur von 32·8°, fühlte sich dementsprechend kühl an, zeigte aber keinerlei Zeichen von Schwäche der Herz- oder Atemtätigkeit. Nach einem kurzen warmen Bad kam es sofort in die Wärmewanne und erhielt außerdem Wärmflaschen und Thermophore. Bis Mitternacht war die Körpertemperatur auf 36·1° gestiegen.

Kind ist zierlich, aber kräftig und wohlproportioniert gebaut.

Die Haut ist rosig, von gutem Turgor und leicht, aber deutlich cyanotisch, sonst zeigt sie keinerlei krankhafte Erscheinungen. Keine vergrößerten Drüsen, insbesondere keine fühlbaren Kubitaldrüsen.

Der Kopf (Umfang 31 cm) ist von symmetrischer, kurz-ovaler Form; die Schädelknochen sind gegeneinander verschieblich, die der Koronarnaht anliegenden Teile der Scheitelbeine sind weich (Craniotabes).

Das Herz ist von normaler Größe (perkutorisch) und in normaler Lage; die Töne rein; die Aktion ist regelmäßig, aber leicht beschleunigt.

Auf der Lunge findet sich l. h. u. feines Knisterrasseln.

Der untere Leberrand ist palpabel, die Milz nicht.

After und Genitalien o. B., Nervensystem o. B.

Das Kind ist frei von jeglichen Mißbildungen.

Vom 5. Tage seines Anstaltsaufenthaltes hatte sich das Kind auf normale Temperatur eingestellt (37·0 bis 37·5°), die bis zum Beginne des Stoffwechsels mit einer einmaligen Ausnahme — Abendtemperatur von 38·2° am 10. Tage — einen normalen Verlauf zeigte.

Die Nahrungszufuhr bestand aus Frauenmilch (Mischmilch) und erfolgte ausschließlich durch die Sonde. Die Menge betrug am 1. Aufenthaltstage 150, am 2. 250, am 3. 300, am 4. 360, vom 5. bis 8. 400, dann 450 ccm bis kurz vor Beginn des Versuches, während dessen das Kind in 6 Mahlzeiten täglich an 500 ccm bekam. Der Energiequotient sank mithin von 147 Kal. am 5. Tage langsam auf 123 am 22. Tage (1 Liter Frauenmilch = 700 Kal.).

Am 8. Tage erreichte das Körpergewicht seinen tiefsten Stand — 1900 g —, am 15. Lebenstage hatte das Kind sein Aufnahmegewicht wieder erreicht.

Vom tiefsten Punkt bis zum Beginn des Stoffwechselversuches nahm das Kind in 19 Tagen um 480 g = 28 g pro Tag im Durchschnitt zu.

Das Befinden des Kindes war während der ganzen Zeit vor dem Versuche ein gutes, nur spuckte es ziemlich viel und häufig und war verhältnismäßig schwer zu sondieren.

Wie schon eingangs erwähnt, dauerte der Versuch vom 24. März bis zum 3. April in je zwei 5tägigen Halbperioden, zwischen denen ein versuchsfreier Tag eingeschoben war, den das Kind außerhalb des Stoffwechselapparates zubrachte.

Das Gewicht des Säuglings betrug zu Anfang des Versuches 2360 g und am Ende desselben 2810 g; es nahm also in den 11 Tagen 430 g, pro Tag 39 g zu, gegen 28 g vorher (d. h. von seinem tiefsten Stande bis zum Beginne der Untersuchungen).

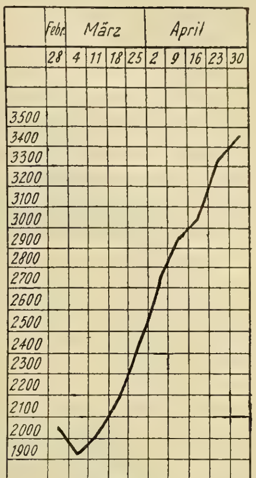


Fig. 1.
Gewichtskurve.
Kind Kasimir K.

In der ersten Periode betrug das Mittelgewicht des Kindes 2480 g, bei einer durchschnittlichen Menge von 516 ccm Milch pro Tag. Das Kind hatte also pro Tag und Kilo Körpergewicht durchschnittlich 145 Kalorien bekommen, eine Zahl, die zwar den Bedarf bedeutend übersteigt, aber immerhin noch nicht als Mast bezeichnet werden darf. In der zweiten Periode betrug das Mittelgewicht 2720 g. Die Oberfläche des Kindes war (Faktor 10·3) I. Per. 0·1882 qm, II. Per. 0·1997 qm.

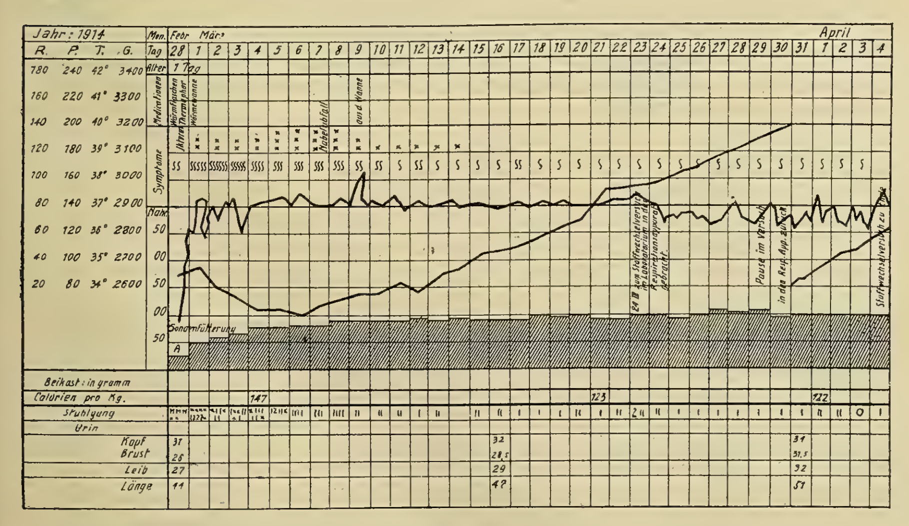


Fig. 2.
Graphische Darstellung des Gewichts, der Temperatur, der Nahrungsaufnahme von Kind Kasimir K.

Tabelle I. Kind Koza.

Tag	Aufgenommene Milchmenge	N	Fett	Zucker	Asche	C	Harn					Kot					N-Harn + Kot Summe im Mittel	Asche im Kot und Harn
							Menge	N	C	C/N	Asche	feucht	trocken	N	C	Asche		
I. Periode.																		
1.	485·6	0·936	20·20			30·83	237·9	0·2198	0·26	1·18								
2.	511·4	1·018	21·27			32·66	314	0·290	0·26	0·9								
3.	475·0	0·945	19·76			30·16	270	0·3159	0·26	0·82								
4.	542·5	1·079	22·57			34·45	330	0·3234	0·26	0·7								
5.	568·0	1·130	23·63			36·07	336	0·3730	0·26									
Summe	2582·5	5·108	107·43			164·0	1487·9	1·5221			1·54	133·8	28·6	0·769	17·0	2·45		
Mittel pro die	516·5	1·022	21·48	34·4	1·09	32·8		0·3044			0·31			0·1538	3·4	0·49	0·4582	0·80
II. Periode.																		
6.	507	1·009				32·19	316	0·376	0·33	0·87								
7.	552·3	1·099				35·07	320	0·370	0·33	0·89								
8.	534·7	1·064				33·95	311·5	0·371	0·33	0·89								
9.	537	1·069				34·10	331	0·4865	0·33	0·67								
10.	505	1·005				32·06	311·1	0·4484	0·33	0·73								
Summe	2636·0	5·246				167·38	1589·6	2·0519			2·00	122·2	29·25	0·8043	17·55	2·62		
Im Mittel	2609																	
Mittel pro die	527	1·049	20·97	35·1	1·11	33·46		0·4103			0·40			0·1608	3·51	0·52	0·5708	0·92
Mittel pro die in I und II	521·7		21·22	34·74														

Stoffwechsel.

Bezüglich der Methodik des Versuches sei auf die Arbeit von Bahrdt und Edelstein[1] verwiesen.

I. Einnahmen.

Als Nahrung diente abgespritzte Frauenmilch und zwar eine Mischmilch, die vor dem Versuche in einer größeren Menge gesammelt, gemischt, sofort auf 4° C abgekühlt und im Eiskühlraum auf Flaschen gefüllt, aufbewahrt worden war. Ein Teil wurde sofort zur Analyse entnommen. Die Zusammensetzung war folgende:

N	0·196	Proz.
Fett	4·16	,,
Zucker	6·66	,,
Asche	0·211	,,
Trockensubstanz	12·25	,,

(N nach Kjeldahl; Fett nach Gottlieb; Zucker gravimetrisch nach Allihn; Trockensubstanz durch Eindampfen auf der Platinschale unter Zusatz von einigen Tropfen verdünnter Essigsäure usw. bestimmt.)

Die Einnahmen waren an den verschiedenen Tagen ziemlich gleichmäßig, nur am 1. und 3. Tage der ersten Halbperiode waren die aufgenommenen Milchmengen etwas geringer.

Im großen und ganzen hatte das Kind sehr wenig gespuckt; wenn es der Fall war, wurde die Menge auf gewogenen Tüchern zurückgewogen.

Tabelle I gibt einen Überblick über die Einnahmen und Ausgaben an den einzelnen Tagen.

II. Ausgaben.

Der Kot wurde mit aschefreier Zuckerkohle abgegrenzt und zwar so, daß die kohlehaltigen Fäzespartien vollständig außerhalb des Versuches waren. Der Kot wurde feucht gewogen und dann in einer gewogenen Porzellanschale eingedampft, eventuell sauer gemacht, mit Alkohol einigemal verrieben und auf dem Wasserbade getrocknet. Auf diese Weise konnte man die Menge der ausgeschiedenen Trockensubstanz und die Wassermenge bestimmen.

Der Harn wurde für jeden Tag einzeln gesammelt und der Stickstoff sofort bestimmt. Für die Bestimmung des C, des kalorischen Wertes und der Trockensubstanz wurden $^8/_{10}$ von jeder Tagesmenge zusammengemischt,

---

[1] Bahrdt und Edelstein, *Jahrbuch für Kinderheilkunde.* LXXII; 43. 1910.

davon wurden $^1/_{100}$ für die C-Bestimmung und 300 ccm für die Trockensubstanz verwandt. Für letztere wurden die 300 ccm im Vakuum eingedampft unter Vorlegen von 100 ccm n-H_2SO_4. Diese wurden dann auf 1000 ccm mit H_2O aufgefüllt und davon 500 ccm titriert. Aus der Menge des nicht verbrauchten Überschusses wurde der N und daraus der Anteil des zersetzten Harnstoffes bestimmt. Da die Trockensubstanz des Harns sehr gering war und außerdem der aus dem N berechnete Kaloriengehalt des Harns sich als ein ganz kleiner Wert herausstellte, was auch durch eine direkte kalorimetrische Bestimmung bestätigt wurde, haben wir späterhin auf eine direkte kalorimetrische Bestimmung verzichten zu können geglaubt. Der Wert ist im übrigen so gering, daß er bei der Berechnung der Energiebilanz eine ganz unbedeutende Rolle spielt.

Respiratorischer Stoffwechsel.

Die Kohlensäure und das Wasser wurden nach den bekannten Methoden bestimmt, wobei gleichzeitig auf die verschiedenen äußeren Versuchsbedingungen Rücksicht genommen wurde. Hierfür kommen in Betracht: Das Verhalten des Kindes im Kasten, die Temperatur und Feuchtigkeit im Respirationsapparat, im Zimmer, die Temperatur des Kindes und zwar sowohl die des Körpers als die zwischen Haut und Bedeckung.

An jedem einzelnen Tage wurden die Bedingungen genau kontrolliert.

Tabelle II. Kind Koza.

Datum	Versuchsbedingungen				
	Temperatur im Zimmer Grad	Temperatur im Einstrom Grad	Temperatur im Kasten Grad	Feuchtigkeit im Kasten Proz.	Feuchtigkeit im Zimmer Proz.
1.	22		22	55	54
2.	23		24	53	57
3.	24		24	51	51
4.	22		24	48	49
5.	19		22	51	50
6.	20		21	47	53
7.	21		23	52	63
8.	21		23	55	59
9.	21		23	53	63
10.	18		22	49	63

Daraus ersieht man sowohl die Temperatur im Kasten und im Zimmer und die Feuchtigkeit in beiden, die ziemlich gleichmäßig waren.

Tabelle III A. (Koza.)
Übersichtstabelle über den respiratorischen Gaswechsel.

Tag	Stundenwerte		Tageswerte		Mittlere Kasten-	
	CO_2 g	H_2O g	CO_2 g	H_2O g	Temperatur	Feuchtigkeit
	I. Periode.					
1.	2·76	7·54	66·24	180·96	22°	55%
2.	2·73	8·97	65·52	215·28	24	53
3.	2·81	8·4	67·44	201·6	24	51
4.	2·9	8·96	69·6	215·0	24	48
5.	2·56	6·44	61·44	154·56	22	51
Minimum	2·56	6·44	61·44	154·56		
Maximum	2·9	8·97	69·6	215·28		
Mittel	2·75	8·06	66·05	193·48		
	II. Periode.					
6.	2·77	2·31	66·5	55·6	21	47
7.	2·63	5·1	63·1	122·4	23	52
8.	2·74	3·6	65·8	86·4	23	55
9.	2·39	6·1	57·4	146·4	23	53
10.	3·1	6·7	74·4	160·8	22	49
Minimum	2·39	2·31	57·4	55·6		
Maximum	3·1	6·7	74·4	160·8		
Mittel	2·72	4·76	65·42	114·3		

Die Dauer der täglichen Versuche betrug, wie aus der Übersichtstabelle zu ersehen ist, im Durchschnitt 23 Stunden mit 6 Nahrungspausen à 10 Minuten. Die Gesamtventilation war sehr gleichmäßig, das Verhältnis der Teilströme zur Gesamtventilation etwa 1:4000. Die Kohlensäureausscheidung pro 24 Stunden hielt sich während beider Perioden auf gleicher Höhe: Pro Kilo Körpergewicht und 24 Stunden schied der Säugling in Periode I 26·6 g, in Periode II 24 g, im Mittel der beiden Perioden also 25·3 g. Die Wasserdampfausscheidung war in der ersten Periode fast gleichmäßig, schwankte jedoch in der II. Periode recht beträchtlich, und zwar schied der Säugling an Wasserdampf pro Kilo Körpergewicht und 24 Stunden in der ersten Periode 78 g, in der zweiten 42 g aus (konf. Wasserstoffwechsel).

Vergleicht man die gewonnenen Zahlen für die Respiration z. B. mit den bei einem gesunden zweimonatigen normalen Brustkind gewonnenen (Rubner und Heubner)[1], so sieht man, daß die Werte bei diesem kleiner sind. Besonders gilt das für die Werte des Wasserdampfes; sie betragen

[1] Rubner und Heubner, *Zeitschrift für Biologie.* XXXVI. 1. 1898 und *Zeitschrift für exper. Pathologie.* Bd. I. S. 1. 1905.

Tabelle III B. Kind Koza.

Periode	Versuchstag	Versuchszeit, Stunden	Gesamt-Ventilation	Zahl der Pausen	Kohlensäure in Grammen: Einstrom pro cbm	Ausstrom pro cbm	pro 24 Stunden	pro Stunde	pro kg Körpergewicht und 24 Stunden	auf 1 qm Oberfläche und 1 Stunde	Wasser in Grammen, Wasserdampf: Einstrom pro cbm	Ausstrom pro cbm	pro 24 Stunden	pro Stunde	pro kg Körpergewicht und 24 Stunden	auf 1 qm Oberfläche und 1 Stunde	Wasserdampf + Gewichtszunahme der Wäsche: pro 24 Stunden	pro kg und 24 Stunden	auf 1 qm Oberfläche und 1 Stunde
I. Periode	1.	22·5	207·1	6 à 10 Min.	0·70	1·0	66·24	2·76	26·6	14·61	6·32	7·14	180·96	7·54	78	42·7	197		
	2.	22·9	211·9	6 à10 Min.	0·66	0·953	65·52	2·73			5·9	6·87	215·28	8·97			141·8		
	3.	22·9	211·0	6 à 10 Min.	0·63	0·936	67·44	2·81			5·72	6·6	201·6	8·4			202·1		
	4.	22·9	210·3	6 à 10 Min.	0·59	0·908	69·6	2·9			5·04	6·02	215·0	8·96			216		
	5.	22·8	210·9	6 à 10 Min.	0·613	0·89	61·44	2·56			4·78	5·48	154·56	6·44			151·7		
II. Periode	6.	23	213·1	6 à 10 Min.	0·70	1·0	66·5	2·77	24·0	13·6	5·12	5·37	55·6	2·31	42	23·8	60·0		
	7.	22·9	212·5	6 à 10 Min.	0·70	0·984	63·1	2·63			7·21	7·76	122·4	5·1			132		
	8.	22·8	210·4	6 à 10 Min.	0·713	1·10	65·8	2·78			7·4	7·79	86·4	3·6			89		
	9.	22·8	209·95	6 à 10 Min.	0·61	0·87	57·4	2·39			7·603	8·27	146·4	6·1			131		
	10.	22·9	210·0	6 à 10 Min.	0·594	0·932	74·4	3·1			6·56	7·30	160·8	6·7			172		

nämlich beim Brustkind 20·2 für Kohlensäure und 38·2 für Wasserdampf. Berechnet man die Kohlensäure und Wasserproduktion auf die Oberfläche, so beträgt die Ausscheidung pro Stunde und Oberfläche in Periode I 14·6 g Kohlensäure und 42·7 g Wasser, in Periode II 13·6 g Kohlensäure und 23·8 g Wasser.[1]

Vergleicht man diese Werte mit den von Rubner und Heubner beim gesunden Brustkind ermittelten (13·5), so sind sie für die Kohlensäure fast identisch. Für das Wasser beträgt der Wert bei Rubner und Heubner 22·9, er ist also verglichen mit der ersten Periode bedeutend kleiner, dagegen identisch mit dem Wert der II. Periode.

Stoffzersetzung und Gesamtstoffwechsel.

An dieser Stelle seien Retention und Resorption der einzelnen Nahrungsbestandteile besprochen. Die Trockensubstanz der Milchmengen betrug in jeder einzelnen Periode im Mittel **319·6** g, die des ausgeschiedenen Trockenkotes 28 g. Es sind also ungefähr 9 Proz. der Nahrung nicht ausgenutzt worden (bei Stühlen von normaler Konsistenz). Das von Rubner und Heubner untersuchte Brustkind hatte eine etwas bessere Ausnutzung; verloren wurden von diesem nur 5·6 Proz. In der folgenden Tabelle IV geben wir eine Übersicht über den N- und C-Stoffwechsel.

Über die Resorption des N läßt sich bekanntlich nur mit Vorbehalt etwas aussagen, die Retentionswerte ergeben sich aus folgender Tabelle:

	I. Periode	II. Periode	in 10 Tagen
N-Zufuhr	5·11 g	5·25 g	10·36 g
N-Ausscheidung	2·29 g	2·86 g	5·15 g
N-Retention	2·82 g	2·39 g	5·21 g
in Prozenten der Einfuhr	55 Proz.	45·5 Proz.	50 Proz.

Der Ansatz pro die betrug im Mittel aus Periode I und II 0·52 g. Das Verhältnis von C : N bewegte sich zwischen den Werten 0·7 bis 1·2 und in Periode II von 0·67 bis 0·89. Dieser Wert stimmt sehr gut mit den sonst bei Brustkindern gefundenen überein.

Berechnet man unter Zugrundelegung der Stickstoffwerte den Eiweißanteil, so verhält sich dieser folgendermaßen:

	I. Periode	II. Periode	in 10 Tagen
N-Zufuhr (als Eiweiß)	4·34 g	4·46 g	8·81 g
N-Retention	2·82 g	2·39 g	5·21 g
N-Ansatz in Prozenten der Eiweißzufuhr	64 Proz.	53 Proz.	59 Proz.

[1] Wir haben für die Berechnung der Oberfläche die von Lissauer eingeführte Konstante 10·3 verwendet, mit Rücksicht darauf, daß Lissauer die Oberfläche direkt an Frühgeborenen ermittelt hat. *Jahrbuch f. Kinderheilkunde.* LVIII. 403. 1903.

Tabelle IV. Kind Koza.

Tag	N in der Nahrung	N im Harn	N im Harn und Kot	N-Bilanz	C in der Nahrung	C im Resp., Harn u. Kot	C-Bilanz
1.	0·936	0·2198	0·4582	+ 0·4784	30·83	21·72	+ 9·11
2.	1·018	0·290	0·4582	+ 0·5598	32·66	21·53	+ 11·13
3.	0·945	0·3159	0·4582	+ 0·4868	30·16	22·05	+ 8·11
4.	1·079	0·3234	0·4582	+ 0·6208	34·45	22·64	+ 11·81
5.	1·130	0·3730	0·4582	+ 0·6718	36·07	20·42	+ 13·65
Summe	5·108	1·5221	2·2911	+ 2·8961	164·0	108·36	+ 55·64
Im Mittel pro die	1·022	0·3044	0·4582	+ 0·5638	32·80	21·67	+ 11·13
6.	1·009	0·376	0·5712	+ 0·5278	32·19	21·97	+ 10·22
7.	1·099	0·370	0·5712	+ 0·5278	35·07	21·05	+ 14·02
8.	1·064	0·371	0·5712	+ 0·4928	33·95	21·78	+ 12·17
9.	1·069	0·4865	0·5712	+ 0·4978	34·10	19·49	+ 14·61
10.	1·005	0·4484	0·5712	+ 0·4338	32·06	24·13	+ 7·93
Summe	5·246	2·0519	2·8562	+ 2·3898	167·38	108·42	+ 58·96
Im Mittel pro die	1·049	0·410	0·5712	+ 0·4778	33·46	21·68	+ 11·78
				Mittel aus Per. I und II pro die = + 0·5206 g N			Mittel aus Per. I und II pro die = + 11·45

Kohlenstoff-Stoffwechsel.

Tabelle V. Kind Koza.

Tag	C-Resp. g	C-Harn g	C-Kot g	Gesamt-C in der Ausfuhr g
1.	18·06	0·26	3·4	21·72
2.	17·87	0·26	3·4	21·53
3.	18·39	0·26	3·4	22·05
4.	18·98	0·26	3·4	22·64
5.	16·76	0·26	3·4	20·42
Summe im Mittel	90·06	1·30	17·0	108·36
pro die	18·01	0·26	3·4	21·67
6.	18·13	0·33	3·51	21·97
7.	17·21	0·33	3·51	21·95
8.	17·94	0·33	3·51	21·78
9.	15·65	0·33	3·51	19·49
10.	20·29	0·33	3·51	24·13
Summe im Mittel	89·22	1·65	17·55	108·42
pro die	17·84	0·33	3·51	21·68

Wie aus der Tabelle IV zu ersehen ist, retinierte das Kind 11·13 g C pro die in Periode I, 11·78 g pro die in Periode II (im Mittel also 11·45). In der ganzen Periode verlief der C-Stoffwechsel folgendermaßen:

	I. Periode	II. Periode	in 10 Tagen
C-Zufuhr	164 g	167·4 g	333·4 g
C-Ausscheidung durch den Kot	17 g	17·5 g	34·5 g
C-Retention	147 g	150 g	297 g
C-Ausnutzung	90 Proz.	89·5 Proz.	89·5 Proz.

Berechnung des Eiweiß- und Fettansatzes aus der Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz.

	I. Periode	II. Periode
N-Ansatz pro die in	0·5638 g	0·4778 g
C-Ansatz pro die in	11·13 g	11·78 g
C als Eiweiß	1·86 g	1·58 g
	(0·5638 × 3·3)	(0·4778 × 3·3)

Das Kind hat also außer C in Form von Eiweiß eine beträchtliche Menge C wesentlich in Form von Fett angesetzt.

Wir können unter Berücksichtigung der Kalorieneinnahmen und -ausgaben die Energiebilanz des Kindes berechnen.

	I. Periode	II. Periode
Kalorieneinnahme pro die	365·7 g	373·1 g
Kalorien im Harn	3·0 g	3·0 g
Kalorien im Kot	40·4 g	39·6 g
Summe	43·4 g	42·6 g
Für den Körper verfügbare Kalorien	322·3 g	330·51 g

	I. Periode		II. Periode	
Dem Eiweißansatz entsprechen	(0·5638 × 34·7)	19·56 Kal.	(0·4778 × 34·7)	16·58 Kal.
Dem Fettansatz entsprechen	(9·27 × 12·3)	114·0 Kal.	(10·2 × 12·3)	125·46 „
		133·56 Kal. f. Ansatz		142·04 Kal. f. Ansatz
Einnahmen		322·3 Kal.		330·51 Kal.
Für Ansatz		133·56 „		142·04 „
Kal. zur Wärmebildung pro die		188·74 „		188·47 „
Mittel aus I und II			188·6 Kal.	
Pro Quadratmeter Oberfläche		1002 Kal.		944 Kal.
(Faktor) 11·9		(864)		(803)

im Mittel: **973.**

Wasserstoffwechsel.

Tabelle VI. Kind Koza.

Wasser-Bilanz.

	Wasser in der Nahrung	Wasser im Urin	Wasser im Kot	Wasser durch Haut und Lunge	Gesamt-Wasser-ausscheidung	Bilanz (ohne Berücksichtigung des Oxydationswassers)
I. Periode im Mittel pro die	453	297	21	181·7	499·7	− 47
II. Periode im Mittel pro die	462·6	316	18·6	117	451·6	+ 11
im Mittel aller Perioden pro die	457·8	306	19·6	149·3	475	− 17·2

Wie die Tabelle zeigt, ist die Wasserbilanz in der I. Periode negativ und zwar beträgt sie −47 g pro die, in der II. Periode ist sie positiv und beträgt pro die +11 g. Diese Bilanz ist aufgestellt ohne Berücksichtigung des sogenannten Oxydationswassers. Dieses kann ermittelt werden erstens rechnerisch und zweitens aus den Wasserstoffanalysen.

Oxydationswasser nach Berechnung.

					I. Periode	II. Periode
Oxydationswasser des Nahrungs-N					4·34	4·46
Oxydationswasser des Harn-N					0·5	0·75
					3·84	3·71
Oxydationswasser f. Fett in Nahrung					23·0	22·5
Oxydationswasser f. Kohlenhydrat in Nahrung					20·0	20·4
					46·84	46·61
Das dem N im Kot entsprechende Oxydationswasser	0·154×9	1·38	0·16×9	1·44		
Das dem Fett im Kot entsprechende Oxydationswasser	(55·2 Proz. Gesamtfett 3·15×1·07)	3·37	(50 Proz. Fett 2·92×1·07)	3·12		
		4·75		4·56		
					—4·75	—4·56
					42·09	42·05

Oxydationswasser nach der direkten Bestimmung

aus den H-Analysen der Nahrung, des Kotes und des Harns.

	I. Periode	II. Periode
Nahrung (Trockensubstanz) in 100 ccm Milch im Mittel	10·92 H_2O	10·42 g H_2O
also im Mittel pro die	53·8 g H_2O	54·9 g H_2O
Kot (Trockensubstanz)	83·1 Proz. H_2O	3·06 g H_2O
im Mittel also pro die	4·73 g	0·61 g
Harn, Gesamtmenge	3·06 g H_2O	3·9 g H_2O
pro die	0·61 g	0·78 g
	also 53·8—(5·34) = 48·46 g Oxydationswasser pro die	also 54·9—5·5 = 49·4 g Oxydationswasser pro die

Wir sehen also, daß das direkt bestimmte und berechnete Oxydationswasser in seinen Werten ziemlich gut übereinstimmt. Wir betrachten den Wert des aus den Analysen bestimmten Oxydationswassers als genauer und setzen bei der Berechnung der Wasserbilanz nur diesen Wert ein.

Die Wasserbilanz ist demnach die folgende (pro Tag):

	I. Periode	II. Periode	Mittel aus I u. II
Wasserzufuhr in der Nahrung (+ Oxydationswasser)	501·5	511·4	506·7
Gesamtwasserausscheidung	499·7	451·6	475
Retention	+1·8	+59·8	+31·7

Wie verhält sich nun der tatsächlich ermittelte Gewichtszuwachs zu dem aus dem Ansatz von Eiweiß, Fett usw. berechneten?

Der tägliche Stoffumsatz des Kindes war folgender:

	N	Fett	Zucker
I. Periode	1·02	21·4	34·4
II. Periode	1·05	20·97	35·1

Unter der Verwendung des Faktors 3·4 kann man aus dem N-Ansatz den Fleischansatz berechnen. Danach beträgt dieser in der I. Periode 16·6 g pro die, in der II. Periode 14·05 g pro die. Der Fettansatz wird ermittelt durch Multiplikation mit dem Faktor 1·3; er beträgt in der I. Periode 14·06, in der II. Periode 15·17 pro die. Im ganzen also hat das Kind angesetzt 30·66 g in der I. Periode und 29·22 g in der II. Periode, im Mittel 29·64. Das Kind hat tatsächlich an Gewicht zugenommen

in der I. Periode 170 g, also pro die . . . . **34** g
in der II. Periode 230 g, also pro die . . . . 46 g
im Mittel . . . . **40** g

Es ist also eine Differenz von etwa 10 g zwischen dem tatsächlichen Gewicht und dem aus der Berechnung ermittelten, — eine Differenz, die nicht allzu groß ist, wenn man berücksichtigt, daß der Faktor 3·4 für Fleischansatz ungenau ist, besonders wegen des Verhältnisses von N : Wassergehalt des Fleisches, das schwanken kann. Man kann obige Berechnung noch anders durchführen, wenn man aus dem N-Ansatz den Eiweißansatz berechnet und zwar auf Trockenkasein bezogen und andererseits die direkt bestimmte Wasserbilanz in Rechnung zieht.

Diese Berechnung lautet folgendermaßen:

	I. Periode	II. Periode
Eiweißansatz	= 0·5651 × 6·5 = 3·67	= 0·4780 × 6·5 = 3·1
Fettansatz	= 14·06	= 15·17
	Summe 17·73	Summe 18·27
Wasseransatz	+ 1·85	+ 59·8
	+ 19·53	+ 78·07
Tatsächliche Zunahme	**38** g	**46** g

Ansatz berechnet aus Mittel von I. und II. Periode:

Eiweiß . . . . 3·38
Fett . . . . 14·61
Wasser . . . . 31·7
49·69

tatsächliche Zunahme pro die 42 g.

Der Grund der Unstimmigkeiten der Berechnung und der Ermittlung in den einzelnen Perioden ist höchstwahrscheinlich in der Ungenauigkeit des Wasserstoffwechsels in einer so kurzen Zeit zu sehen.

Aschestoffwechsel.

	I. Periode	II. Periode	Mittel aus 10 Tagen
Einnahmen pro die	1·09 g	1·11 g	1·1 g
Ausgaben (Harn und Kot)	0·80 „	0·92 „	0·86 „
Retention	0·29 g	0·19 g	0·24 g
Nutzungswert in Proz. der Zufuhr	26 Proz.	17 Proz.	22 Proz.
Pro Kilogramm und Tag	0·116 g	0·07 g	0·093 g

Es handelt sich also um eine gut positive Aschebilanz.

II. Versuch. Kind Goerz.

Der II. Versuch wurde an einem am 2. Lebenstag eingelieferten Frühgeborenen aus dem 7. bis 8. Schwangerschaftsmonat ausgeführt. Das Kind, von 1640 g Geburtsgewicht und 45 cm Länge, zeigte zunächst bei Sondenfütterung mit Frauenmilch und Aufenthalt in der Wärmewanne eine Abnahme bis auf 1570 g, um dann dauernd zuzunehmen bei gutem Allgemeinbefinden und normalen Stühlen.

Der Versuch bei dem Kinde wurde begonnen im Alter von vier Wochen am 13. Mai. Das Kind hatte an diesem Tage ein Gewicht von 2060 g und blieb im Versuch bis zum 24. Mai mit einer Unterbrechung von einem Tag; es hatte am Schluß ein Gewicht von 2270 g. Das Allgemeinbefinden in dieser ganzen Zeit war ein gutes, die Stühle waren etwas zerfahren, drei- bis viermal täglich. Gegen Schluß des Versuches wurden sie fast normal. Die Temperatur bewegte sich etwas unter der Norm und schwankte etwa um 1° von 36·1 bis 37·1, während das Kind vorher und nachher seine Temperaturlinie ziemlich konform mit der Linie 37° hatte. Die Ernährung bestand in der ganzen Zeit aus Frauenmilch, die dem Kinde per Sonde gereicht wurde; die Mengen der zugeführten Frauenmilch bewegten sich um ungefähr 400 g. Das Kind hat sich auch nach dem Versuche weiterhin gut entwickelt.

Stoffwechsel.

Als Nahrung diente wie im ersten Versuch Frauenmilch (Mischmilch), gesammelt wie im ersten Versuch. Die chemische Zusammensetzung war folgende:

N	0·195	Proz.
Fett	4·3	,,
Zucker	6·91	,,
Asche	0·213	,,

Die Einnahmen waren an den verschiedenen Tagen ziemlich gleichmäßig, mit Ausnahme des ersten Tages in der I. Periode, an dem das Kind etwas mehr zu trinken bekam. Die Menge bewegte sich zwischen **350** bis **400** g, im Mittel der 10 Tage **380** g.

Das Kind bekam also, da sein Mittelgewicht in der I. Periode 2120 g, in der II. Periode 2245 g betrug, in der I. Periode **144** Kal. pro Kilo, in der II. Periode **137** Kal., im Mittel beider Perioden 140 Kal. pro Kilo, also mehr als der Bedarf deckt. Die Oberfläche des Säuglings betrug in der I. Periode 0·1700 qm, in der II. Periode 0·1763 qm (mit der Konstante **10·3** berechnet).

Tabelle VII. Kind Goerz.

Tag	Aufgenommene Milchmenge	N	Fett	Zucker	Asche	C	Harn Menge	Harn N	Harn C	Harn C/N	Harn Asche	Kot feucht	Kot trocken	Kot N	Kot C	Kot Asche	N-Harn + N-Kot, Summe im Mittel	Asche in Kot und Harn
I. Periode.																		
1.	579	1·129				39·77	282	0·209	0·26	1·24								
2.	397·4	0·775				27·30	251	0·221	0·26	1·17								
3.	359·8	0·701				24·71	224	0·197	0·26	1·32								
4.	358·0	0·698				24·59	226	0·197	0·26	1·32								
Summe	1694·2	3·303				116·37	983	0·824	1·05		0·503	171	49	0·699	28·99	2·26		2·823
Mittel pro die	423·5	0·825	18·3	29·2	0·898	29·10	247·5	0·206	0·26		0·14			0·175	7·24	0·565	0·381	0·705
II. Periode.																		
5.	418·9	0·817					242	0·203	0·25	1·23								
6.	392·5	0·765					258	0·240	0·25	1·07								
7.	360·0	0·702					212	0·210	0·25	1·20								
8.	389·2	0·776					240	0·238	0·25	1·05								
9.	349·6	0·682					229	0·238	0·25	1·05								
10.	356·8	0·696					270	0·240	0·25	1·07								
Summe	2276·0	4·438				156·3	1451	1·369	1·53		1·04	280·4	81·0	1·101	53·6	3·50		
Mittel pro die	379·3	0·739	16·4	26·2	0·804	26·05	241·83	0·228	0·25		0·17			0·183	8·93	0·58	0·411	

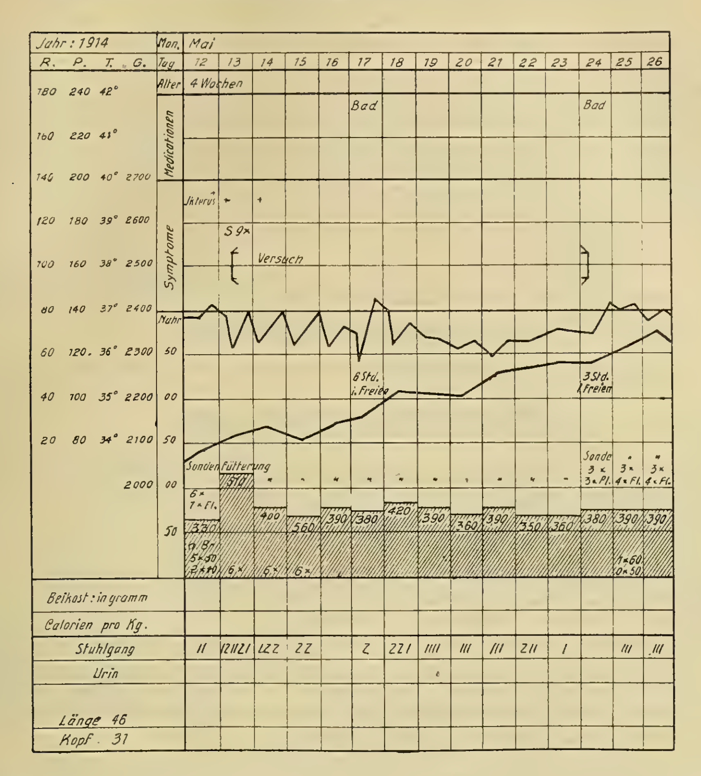


Fig. 3. Graphische Darstellung des Gewichtes, der Temperatur, der Nahrungsaufnahme während des Versuchs von Kind Werner G.

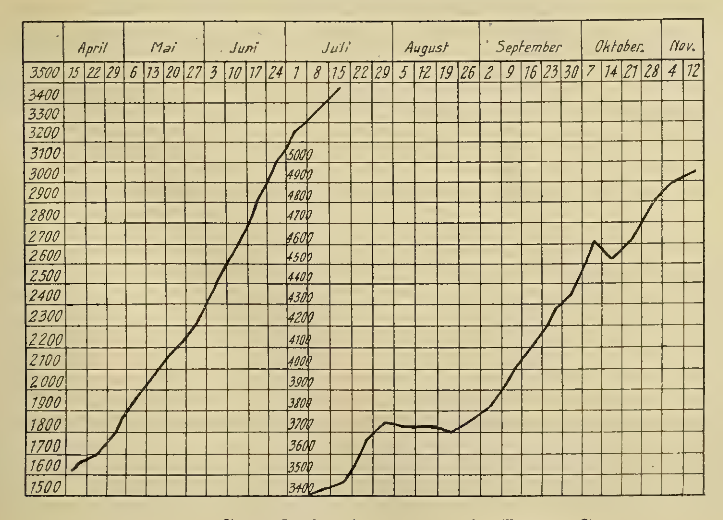


Fig. 4. Gewichtskurve von Kind Werner G.

Ausgaben.

Der Urin des Kindes war ebenso wie bei dem ersten Frühgeborenen ziemlich arm an Trockensubstanz und zwar enthielt er 0·6 Proz. Der Kot war sehr fetthaltig, so daß er nicht ohne weiteres zur Analyse verwandt werden konnte, sondern der entfettete Kot und das Fett gesondert analysiert werden mußten.

Das Kind schied in den 4 Tagen der I. Periode 171 g feuchten Kot aus, wovon 49 g Trockensubstanz waren, in den 6 Tagen der II. Periode 280 g feuchten Kot entsprechend 81 g Trockensubstanz.

Respiratorischer Stoffwechsel.

Der Versuch dauerte 10 Tage und war aus äußeren Gründen so eingeteilt, daß die I. Periode 4, die II. Periode 6 Tage umfaßte. Das Kind war unruhiger als das erste und hat auch etwas mehr gespien.

Selbstverständlich wurden die gespienen Mengen gewogen und in Rechnung gestellt. Die Versuchsbedingungen waren, obwohl der Versuch im Mai ausgeführt wurde (der andere im März), fast die gleichen wie beim ersten Versuch; Temperatur und Feuchtigkeit sowohl im Kasten wie im Zimmer waren sehr gleichmäßig. Die Temperatur im Kasten bewegte sich zwischen 20 und 23^{0}, die Feuchtigkeit zwischen 65 und 67 Proz.

Tabelle VIII. Kind Goerz.

Datum	Temperatur im Zimmer Grad	Temperatur im Kasten Grad	Feuchtigkeit im Kasten Proz.	Feuchtigkeit im Zimmer Proz.
1.	19	20	58	58
2.	19	21	61	61
3.	18	20	56	54
4.	19	20	56	59
5.	23	22	58	59
6.	23	21	62	61
7.	21	21	51	54
8.	22	21	62	59
9.	23	22	57	57
10.	24	23	67	63

Die Kohlensäureausscheidung war sehr gleichmäßig und betrug pro Stunde 3·46 in der I. Periode und 2·33 in der II. Periode; pro 24 Stunden schied der Säugling in der I. Periode im Mittel 59, in der II. Periode 56 aus.

Nicht so gleichmäßig verlief die Wasserdampfausscheidung; sie schwankte zwischen 5·0 und 8·0 g pro Stunde und betrug im Mittel 6·73, in der II. Periode 2·6 und 5 und betrug 3·14 g pro Stunde im Mittel. Die Wasserdampfausscheidung pro 24 Stunden war im Mittel der I. Periode **161** g, in der II. Periode rund **100** g, war also in der II. Periode bedeutend geringer. Pro Quadratmeter Oberfläche und Stunde schied der Säugling aus 14·5 g CO_2 und 39·5 g H_2O. Das sind fast dieselben Werte wie bei Frühgeborenem I.

Tabelle IX A. (Goerz.)

Tag	Stundenwerte		Tageswerte		Mittlere Kasten-	
	CO_2 g	H_2O g	CO_2 g	H_2O g	Temperatur Grad	Feuchtigkeit Proz.
			I. Periode.			
1.	2·7	7·91	64·8	189·84	20	58
2.	2·38	5·82	57·1	139·68	21	61
3.	2·43	5·1	58·3	120·2	20	56
4.	2·35	8·2	56·4	196·8	20	56
Minimum	2·35	5·0	56·4	120·2		
Maximum	2·7	8·2	64·8	196·8		
Mittel	2·46	6·73	59·16	161·52		
			II. Periode.			
5.	2·28	4·58	54·72	109·9	22	58
6.	2·48	4·4	59·5	105·6	21	62
7.	2·51	—	60·24	—	21	51
8.	2·16	2·62	51·84	62·88	21	62
9.	2·35	3·9	56·4	93·6	22	57
10.	2·2	5·2	52·8	124·8	23	67
Minimum	2·16	2·62	51·84	62·88		
Maximum	2·51	5·2	60·24	124·5		
Mittel	2·33	3·74	55·9	99·3		

Stoffzersetzung und Gesamtstoffwechsel.

N-Stoffwechsel.

	I. Periode (4tägig)	II. Periode (6tägig)	In 10 Tagen
Zufuhr	3·3 g	4·43 g	7·73 g
Ausscheidung	1·52 „	2·46 „	3·59 „
Retention	+1·78 g	+1·97 g	+4·14 g
In Prozenten pro die zugef. Nahrung	54 Proz.	44 Proz.	53 Proz.

Ansatz pro die von N betrug im Mittel aus Periode I und II 0·39 g, war also kleiner als bei dem Frühgeborenen I.

Tabelle IX B. Kind Goerz.

Periode	Versuchstag	Versuchszeit, Stunden	Gesamt-Ventilation	Zahl der Pausen	Kohlensäure in Grammen: Einstrom pro cbm	Ausstrom pro cbm	pro 24 Stunden	pro Stunde	pro kg Körpergewicht und 24 Stunden	auf 1 qm Oberfläche und 1 Stunde	Wasser in Grammen, Wasserdampf: Einstrom pro cbm	Ausstrom pro cbm	pro 24 Stunden	pro Stunde	pro kg Körpergewicht und 24 Stunden	auf 1 qm Oberfläche und 1 Stunde	Wasserdampf- und Gewichtszunahme der Wäsche: pro 24 Stunden	pro kg und 24 Stunden	auf 1 qm Oberfläche und 1 Stunde
I. Periode	1.	22·25	244·64	6 à 10 Min.	0·562	0·849	64·8	2·7	27·8	14·47	5·98	6·70	189·84	7·91	76·1	39·5	202·6		
	2.	22·9	247·86	6 à 10 Min.	0·618	0·838	57·12	2·38			6·302	6·84	139·68	5·82			141·6		
	3.	22·8	248·56	6 à 10 Min.	0·627	0·85	58·32	2·43			5·58	6·04	120·2	5·01			115·2		
	4.	22·7	246·0	6 à 10 Min.	0·583	0·800	56·4	2·35			6·07	6·83	196·8	8·2			194·4		
II. Periode	5.	22·8	248·76	6 à 10 Min.	0·591	0·80	54·72	2·28	24·9	13·21	6·59	7·05	109·92	4·58	44·2	23·4	105·6		
	6.	23	248·79	6 à 10 Min.	0·578	0·808	59·52	2·41			7·55	7·96	105·6	4·4			108·0		
	7.	22·8	249·26	6 à 10 Min.	0·58	0·81	60·24	2·51			—	—	—	—			—		
	8.	22·7	248·35	6 à 10 Min.	0·607	0·785	51·84	2·16			7·86	8·10	62·88	2·62			55·2		
	9.	22·9	248·08	6 à 10 Min.	0·635	0·852	56·40	2·35			6·72	7·08	93·6	3·9			96		
	10.	22·3	243·65	6 à 10 Min.	0·602	0·785	52·8	2·2			9·36	9·84	124·8	5·2			138		

Tabelle X. Kind Goerz.

Tag	N in der Nahrung	N im Harn	N im Harn und Kot	N-Bilanz	C in der Nahrung	C in Resp., Harn und Kot	C-Bilanz
1.	1·129	0·209			39·77		
2.	0·775	0·221			27·30		
3.	0·701	0·197			24·71		
4.	0·698	0·197			24·59		
Summe	3·3		1·52		116·37	95·57	
Im Mittel pro die	0·825	0·206	0·381	+0·444	29·09	23·63	+5·46
5.	0·817	0·203					
6.	0·765	0·240					
7.	0·702	0·210					
8.	0·776	0·238					
9.	0·682	0·238					
10.	0·696	0·240					
Summe	4·43		2·466		156·3		
Im Mittel pro die	0·739	0·737	0·411	+0·328	26·05	24·43	+1·62

Tabelle XI. Kind Goerz.

Tag	C-Resp.	C-Harn g	C-Kot g	Gesamt-C in der Ausfuhr
1.	17·67	0·26	7·24	
2.	15·57	0·26	7·24	
3.	15·90	0·26	7·24	
4.	15·39	0·26	7·24	
Summe	64·53	1·05	29·99	95·57
Im Mittel pro die	16·13	0·26	7·24	23·63
5.	14·92	0·25	8·93	
6.	16·23	0·25	8·93	
7.	16·43	0·25	8·93	
8.	14·13	0·25	8·93	
9.	15·39	0·25	8·93	
10.	14·40	0·25	8·93	
Summe	91·5	1·53	53·6	146·63
Im Mittel pro die	15·25	0·25	8·93	24·43

C-Stoffwechsel.

	I. Periode (4tägig)	II. Periode (6tägig)	In 10 Tagen
Zufuhr	116·37 g	156·3 g	272·7 g
Ausscheidung im Kot	30·0 „	53·6 „	83·6 „
Ausnutzung	86·4 g	102·7 g	189·1 g
In Prozenten	74 Proz.	65·7 Proz.	69 Proz.
Retention pro die	5·46 g	1·62 g	

Der geringen C-Retention in der II. Periode entspricht auch eine sehr geringe Gewichtszunahme.

Berechnung des Eiweiß- und Fettansatzes aus der C- und N-Bilanz.

		I. Periode		II. Periode
N-Ansatz pro die		0·444 g		0·328 g
C-Ansatz pro die		5·46 „		1·62 „
C f. angesetztes Eiweiß	0·444 × 3·3 =	1·46 „	0·328 × 3·3 =	1·08 „
C für Fettansatz demnach		4·00 g		0·54 g

Außer einem Ansatz in Form von Eiweiß hat das Kind C in Form von Fett angesetzt und zwar entsprechend der tatsächlichen Gewichtszunahme in der I. Periode 4 g, in der II. Periode nur **0·5** g.

Energiebilanz.

		I. Periode		II. Periode
Kalorieneinnahme pro die		325·3		291·3
Kalorien im Harn	1·7		1·7	
Kalorien im Kot	83·5		103·0	
	85·2	85·2	104·7	104·7
Für den Körper verfügbare Kalorien		240·15		186·6
Dem Eiweißansatz entsprechen	(0·444 × 34·7)	15·4	(0·328 × 34·7)	11·38
Dem Fettansatz entsprechen	(4 × 12·3)	49·2	(0·54 × 12·3)	6·6
		64·6		18·0
Einnahmen		240·15		186·6
Für Ansatz		64·6		18
Kal. z. Wärmebildung pro die		175·6		168·6
Mittel aus I und II			172 Kal.	
Pro Quadratmeter Oberfläche		1002		944
Im Mittel.			973 Kal.	

Wasserstoffwechsel.

Tabelle XII. Kind Goerz.

	Wasser in der Nahrung	Wasser im Urin	Wasser im Kot	Wasser durch Haut und Lunge	Gesamt-Wasserausscheidung	Bilanz (ohne Berücksichtigung des Oxydationswassers)
I. Periode (4täg.) im Mittel pro die	370	243	33	163	439	− 69
II. Periode (6täg.) im Mittel pro die	331	239	33·4	100	373	− 42
Im Mittel aller Perioden pro die	356	241	33	131	405	− 55

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, hat der Säugling in der I. Periode pro die 69 g H_2O verloren, in der II. Periode 42 g. Diese Bilanz ist aufgestellt ohne Berücksichtigung des Oxydationswassers.

Oxydationswasser durch direkte Bestimmung

(H- bzw. H_2O-Analysen der Trockensubstanz der Nahrung, des Kotes und des Harns).

I. Periode

Nahrung	Kot	Harn
In 100 ccm Milch im Mittel waren enthalten 10·44 g H_2O, im Mittel pro die **44·21** g	In der ganzen Menge 47·6 g, pro die **11·9** g	In der ganzen Menge 2·41 g, pro die **0·6** g

also 44·21 – 12·5 = 31·7 g Oxydationswasser pro die.

II. Periode

Nahrung	Kot	Harn
In 100 ccm Milch im Mittel 10·44 g, im Mittel pro die 39·7 H_2O	In der ganzen Menge 77·5 g, pro die 12·9 g	In der ganzen Menge **3·3** g, pro die 0·55 g

also 39·7 – 13·45 = 26·25 Oxydat H_2O pro die.

Daß der Wert für das Oxydationswasser in der II. Periode kleiner ist als in der I. Periode, erklärt sich aus der geringeren Mexge der aufgenommenen Milch in der II. Periode.

Oxydationswasser durch Berechnung.

	I. Periode		II. Periode	
Das dem Nahrungs-N entsprechende Oxydationswasser	0·825 × 4·25 =	3·5	0·739 × 4·25 =	3·14
Das dem Harn-N entsprechende Oxydationswasser	0·206 × 1·6 =	0·33	0·228 × 1·6 =	0·36
		3·17		2·78
Oxydationswasser für Fett in der Nahrung	18·3 × 1·07 =	19·6		17·55
Oxydationswasser für Zucker in der Nahrung	29·2 × 0·58 =	16·9		15·2
Summe d. Oxydationswässer		39·67		35·5
Abzüglich des dem Kot-N entsprechenden Oxydationswassers	0·175 × 9 =	1·57		1·65
Abzüglich des dem Fett im Kot (80 Proz.) entsprechenden Oxydationswassers	9·8 × 1·07 =	10·48	10·8 × 1·07 =	11·5
Ergebnis (nach der Analyse – 31)		27		22·5

(direkt bestimmt = 26)

Die Wasserbilanz war also (pro Tag):

	I. Periode	II. Periode	Mittel aus I u. II
Wasserzufuhr in Nahrung + Oxydationswasser	401·7	357	379
Gesamt-Wasserausscheidung	439	373	405
Retention	–37·7	–16	–26

Ansatz und Gewichtszunahme.

Der tägliche Stoffumsatz des Kindes war folgender:

I. Periode		II. Periode	
0·825	N	0·739	N
18·3	Fett	16·6	Fett
29·2	Kohlenhydrat	26·2	Kohlenhydrat

Der N-Ansatz betrug pro die in der

	I. Periode		II. Periode	
	0·444	N	0·328	N
Demnach der Fleischansatz	13·0	Fleisch	9·64	Fleisch
Fettansatz	5·5		0·7	
Berechneter Anwuchs	**18·5**		**19·35**	
Tatsächliche Gewichtszunahme pro die	**25** g		**10** g	

Unter Berücksichtigung des Wasserstoffwechsels und Berechnung des Eiweiß(N)ansatzes als Trockenkasein fällt die Rechnung folgendermaßen aus:

		I. Periode		II. Periode
Eiweißansatz	0·444 × 6·5 =	2·8	0·328 × 6·5 =	2·1
Fettansatz		5·5		0·7
	Summe	8·3		2·8
Wasserbilanz		—37		—16
Demnach		—28·7		—13·2
Tatsächliche Gewichtszunahme pro Tag		25 g		10 g

Ansatz berechnet aus Mittel von I und II pro die:

Eiweißansatz (als Trockenkasein)	2·4
Fettansatz	3·1
	5·5
Wasser	—26·0
	—20·5
Tatsächliche Gewichtszunahme	12 g pro Tag.

Aschestoffwechsel.

	I. Periode	II. Periode
Einnahmen pro die	0·898	0·804
Ausgaben	0·705	0·750
	+0·193	+0·054
Nutzungswert in Prozenten der Zufuhr	21·4 Proz.	6·7 Proz.
pro Kilogramm und Tag	+0·09	+0·024

Ergebnisse.

Zur Untersuchung gelangten zwei lebenskräftige frühgeborene Säuglinge aus dem Anfang des 8. Schwangerschaftsmonats mit einem Geburtsgewicht von 2050 bzw. 1640 g. Beide Frühgeborene entwickelten sich vor und nach dem Versuch sehr gut. Frühgeborenes I (2050 g Geburtsgewicht) hat in 7 Monaten 3400 g (pro Monat 490 g) zugenommen, Frühgeborenes II in 4 Monaten 2170 g (pro Monat 540 g). Kind I hat sein Geburtsgewicht in 105, Kind II in 80 Tagen verdoppelt. In bezug auf das Längewachstum entwickelten sie sich wie folgt:

Kind I: bei der Geburt . . . . 44 cm
1. Monat . . . . 50 cm
2. Monat . . . . 52 cm

(Normales Kind bei 50 cm Geburtslänge im 2. Monat 57 cm Länge.)

Kind II: bei der Geburt . . . 45 cm
1. Monat . . . . . . 46 cm
2. Monat . . . . . . 48 cm
3. Monat . . . . . . 52·5 cm
4. Monat . . . . . . 54·7 cm
5. Monat . . . . . . 59·4 cm
6. Monat . . . . . . 61·5 cm

(Normales Kind bei 50 cm Geburtslänge im 6. Monat 66 cm Länge.) Auch das Längewachstum war also ein gutes.

Die Kinder waren während des Versuches 4 bzw. 5 Wochen alt, die Versuchsdauer umfaßte 10 Tage (in zwei 5- bzw. 4- und 6tägigen Perioden).

Die Gewichtszunahme in diesen 10 bzw. 11 Tagen (1 Tag Unterbrechung zwischen den zwei Perioden) betrug 450 bzw. 210 g. Das eine Kind (I) entwickelte sich also in der Versuchszeit besser, die Nahrungszufuhr war allerdings bei demselben größer und zwar im Mittel 125 Kal. (Reinkalorien) pro Kilo und Tag gegenüber 113 Kal. in der I. und nur 83 in der II. Periode bei dem anderen Kinde (II). Beide Kinder hatten einen sehr hohen Eiweißansatz. Bezüglich des Fettansatzes ist zu bemerken,

daß das Frühgeborene I (2050 g Geburtsgewicht) sehr viel Fett ansetzte (5·6 g pro Kilo und Tag), das Frühgeborene II dagegen setzte in der I. Periode 2·5 g pro Kilo und Tag und in der II. nur 0·3 g. Kind II schied durch den Kot sehr viel Fett aus, infolgedessen war auch die kalorische Ausnutzung der Nahrung eine recht schlechte. Die chemische Zusammensetzung der Nahrung war

bei Kind I:	Eiweiß	1·22 Proz.
	Fett	4·16 „
	Zucker	6·6 „
bei Kind II:	Eiweiß	1·21 „
	Fett	4·32 „
	Zucker	6·91 „

Die Milch war also besonders fettreich.

		Kind I		Kind II
Fett in der Nahrung in 10 Tagen		217 g		171·5 g
Fett im Kot	(55 Proz.)	32 „	(80 Proz.)	104 „
Resorbiert		185 g		67·5 g
In Prozenten der Zufuhr		85 Proz.		39 Proz.

Ist die Ausnutzung des Fettes bei Kind I nicht gut zu nennen, so ist sie bei Kind II entschieden als schlecht zu bezeichnen. Das Kind hat auch dementsprechend wenig, in der II. Periode so gut wie gar kein Fett angesetzt und entwickelte sich in bezug auf das Gewicht nicht besonders gut.

Während Kind I pro Tag (Mittel aus 11 Tagen) 41 g zunahm, wies Kind II nur eine Zunahme von 20 g auf. Verfolgt man die Gewichtskurve getrennt in den beiden Perioden, so betrug die Zunahme pro Tag:

	I. Periode (5 Tage)	II. Periode (5 Tage)
Kind I	38 g	46 g
	I. Periode (4 Tage)	II. Periode (6 Tage)
Kind II	25 g	10 g

Das Kind II hat also besonders in der II. Periode viel zu wenig zugenommen, was aber sicherlich nur der geringen Nahrungszufuhr zuzuschreiben ist, denn es gedieh späterhin relativ sogar besser als Kind I. Der Vergleich zweier frühgeborener Säuglinge, von denen einer sehr kräftig, der andere sehr wenig während des Versuches an Gewicht zunahm, kann in bezug auf den Stoffwechsel, den Energieumsatz und Ansatz (Wachstumsanwuchs) von großem Interesse sein. Ehe wir uns aber näher mit dem

Anwuchs beschäftigen, wollen wir noch den „physiologischen Nutzeffekt" berechnen.

	Koza		Goerz	
	I. Periode	II. Periode	I. Periode	II. Periode
Kalorienzufuhr pro die	365·7	373	325·3	291·3
Verlust in Harn und Kot	43·4	42·6	85·2	104·7
Also verwertet an Kalorien	88 Proz.	88 Proz.	73·8 Proz.	64 Proz.
Verloren an Kalorien	12 „	12 „	26 „	36 „
Davon durch den Kot	11·2 „	10·6 „	25·6 „	25·3 „

Wie bereits erwähnt und wie die Tabelle zeigt, ist die kalorische Ausnutzung eine schlechte, besonders schlecht bei Kind II speziell in Periode II. Die von Rubner und Heubner untersuchten Brustkinder hatten eine bedeutend günstigere Ausnutzung der Spannkräfte. Brustkind I 92 Proz., Brustkind II 94 Proz. Auffallend ist es, daß die kalorischen Verluste hauptsächlich auf den Kot kommen, was darauf hindeutet, daß eine Resorptionsstörung der Energiespender (und zwar anscheinend dem Hauptanteil nach des Fettes) im Darm vorlag. Daß bei Frühgeborenen die Fettausnutzung beeinträchtigt ist, war bereits in der Literatur angedeutet und findet durch diese Versuche ihre Bestätigung.

Wie verteilt sich nun der Wachstumsanwuchs? Wir wollen zuerst den

N- und Eiweißansatz

besprechen.

Der N-Ansatz pro Tag betrug (im Mittel aus Periode I und II) bei der Frühgeburt I 0·52 g, Frühgeburt II 0·39 g. Rechnen wir 15 Proz. als Reststickstoff von der N-Zufuhr ab, so ist N als **Eiweiß** retiniert worden.

	Frühgeburt I	Frühgeburt II
Prozent der Zufuhr	50 Proz.	53 Proz.
Ansatz in Prozenten d. Eiweißzufuhr	59·0 „	53·5 „
N-Zufuhr pro die und Kilogramm Körpergewicht	0·39 „ (0·33 als reines Eiweiß)	0·36 „ (0·3 als reines Eiweiß)
N-Ansatz pro die und Kilogramm	*0·2*	*0·17*

(Rubner-Heubner, Brustkind 5 kg schwer, N-Ansatz pro Kilogramm und die 0·053.)

Der Eiweißansatz war also pro Kilogramm und Tag sehr hoch, die N-Ausnutzung eine ausgezeichnete. Vergleicht man den Anwuchs und die N-Ausnutzung mit dem von Rubner und Heubner untersuchten, 5 kg schweren, 8 Wochen alten Brustkind, so zeigt es sich, daß unsere Früh-

geborenen das $3^1/_2$- bis 4fache an N angesetzt haben. Auch wenn man berücksichtigt, daß das von Rubner und Heubner untersuchte Kind etwa 3 Wochen älter und das N-Angebot etwa um die Hälfte kleiner war, ist der N-Anwuchs ein sehr großer. Die frühgeborenen Säuglinge haben im Stadium eines sehr intensiven Wachstums das ihnen dargebotene Eiweiß sehr gut und sehr ökonomisch verwertet und zum Aufbau der Zelle verbraucht. Trotz der allgemeinen schlechten kalorischen Verwertung der Energiespender betrug die N-Retention in Prozenten der N-Zufuhr 50 bzw. 53 Proz. und in Prozenten der N-Zufuhr als reines Eiweiß 59 bzw. 54 Proz. (Kind Rubner-Heubner 39 Proz.).

Der aus dem N-Ansatz berechnete Fleischansatz pro Kilogramm und die ist:

	I. Periode	II. Periode
I. Kind Koza	6·6	5·1
II. „ Goerz	6·1	4·0

Fettansatz.

	Pro Tag		Pro Kilogramm und Tag	
	I. Periode	II. Periode	I. Periode	II. Periode
Kind I (Koza)	14·06	15·17	5·66	5·5
Kind II (Goerz)	5·5	0·7	2·5	0·3
Nach Camerer[1] aus der Zusammensetzung eines 10 Wochen alten, 5 kg schwer. Brustkindes	2·92		0·58	
Rubner-Heubner, atrophisches Kind[2]	3·07		1·02	
Niemann[3], Untergew., Rekonval. Kind, IV. Vers., 12 bis 17 Tage	26·1		4·4	

Auch der Fettansatz ist also sehr hoch (mit Ausnahme bei Kind II in der II. Periode), trotz einer, wie wir sehen, sehr schlechten Verwertung des Fettes. Der Fettstoffwechsel unserer Frühgeborenen zeigt eine gewisse Analogie mit dem der Atrophiker. Beide haben die ausgesprochene Neigung, den Fettbestand ihres Körpers zu erhöhen, die Atrophiker, weil ihr Fettpolster aus pathologischen, die Frühgeburten, weil ihr Fettpolster aus physiologischen Gründen zu klein ist.

---

[1] *Jahrbuch für Kinderheilkunde.* LVI. 544. 1902.

[2] *Zeitschrift für Biologie.* XXXVIII. 315. 1899.

[3] *Jahrbuch für Kinderheilkunde.* LXXIV. 650. 1911.

Verwertung der Nahrung für Ansatz und Wärmebildung.

Pro Quadratmeter Oberfläche und Tag war die Wärmebildung:

Frühgeburt I 973. Kal im Mittel aus Periode I und II.
Frühgeburt II 994. Kal im Mittel aus Periode I und II.

Die Kinder lagen sehr ruhig bei einer Körpertemperatur, die während der 10 Tage zwischen 36·2° bzw. 36·1° und 37·4° bzw. 37° schwankte. Unter Berücksichtigung dieser Körpertemperatur und der Umgebungstemperatur ist bei dem hohen Anwuchs ohne weiteres anzunehmen, daß eine Steigerung der Wärmeerzeugung, wenn auch wahrscheinlich in geringem Maße, stattgefunden hat. Wie hoch diese Steigerung ist, können wir nicht sagen, auch wissen wir nicht, über wieviel hinaus die Kost abundant war. Einen besseren Einblick werden wir vielleicht aus der Berechnung der Wärmebildung und des Ansatzes pro Kilogramm Körpergewicht gewinnen.

	Wärmebildung, Kal. pro Tag und Oberfläche	Kalorien pro Kilogramm und Tag			
		Netto-Zufuhr	Ansatz	Wärmebildung	Anwuchs in Proz. der Zufuhr
Rubner-Heubner, Brustkind, 5·2 kg, 8 Wochen alt	1006 (nach Lissauer 1132)	67·4	—	67·6	—
Rubner (nach Angaben von Camerer-Söldner berechnet) 4 kg schweres, 7 Monate altes Kind	1200	107·4	14·5	92·9	13·5
Frühgeborenes I (Koza):					
I. Periode	1002	130	54	76·0	41
II. Periode	944	121·5	52·2	69·3	43
Im Mittel aus 10 Tagen (Per. I + Per. II)	973	126	53	73	42
Frühgeborenes II (Goerz)					
I. Periode (4tägig)	1032	113·3	30·4	82·7	26
II. Periode (6tägig)	956	83·3	8	75	10

Diese Zusammenstellung gibt uns in der Tat einige nicht unwesentliche Aufschlüsse. Zunächst fällt es auf, daß unsere Frühgeborenen (mit Ausnahme von Kind II in Periode II) einen enorm hohen Prozentsatz der ihnen zugeführten Nahrung zum Anwuchs verwendet haben. Ziehen wir nun die II. Periode des Kindes II in unsere Betrachtung ein. In dieser Periode hat das Kind sehr wenig und zwar durchschnittlich 10 g täglich zugenommen. Wir können also, ohne

einen beträchtlichen Fehler zu begehen, annehmen, daß die Nahrungszufuhr von 83 Kal. pro Kilogramm bei diesem Kinde nicht allzu weit von dem „Erhaltungsbedarf" entfernt ist. Bei dieser Annahme wird der Nahrungsüberschuß bei Kind I in Periode I rund 60 Proz., in Periode II rund 50 Proz., im Mittel also 55 Proz. betragen haben. In gleicher Weise berechnet war der Nahrungsüberschuß bei Kind II Periode I 40 Proz. Wenn der Wert für die Wärmeproduktion bei Minimalbedarf wenig unterhalb 950 Kal. liegt, so beträgt die Steigerung der Wärmebildung bei Kind I (Mittel aus Periode I und II) etwa 3 Proz. und bei Kind II (Periode II) etwa 8 Proz. Von den 55 bzw. 40 Proz. Nahrungsüberschuß haben unsere frühgeborenen Säuglinge (in großer Ruhe, meistens Schlafzustand, Nahrung per Sonde gereicht) also 94 bzw. 80 Proz. zum Wachstumsansatz verwertet. Die eben angeführten Zahlen sind natürlich nur Näherungswerte, aber sie zeigen doch deutlich die Tendenz der in intensivem Wachstum befindlichen Frühgeborenen, den ihnen über den Minimalbedarf gebotenen Überschuß zum Anwuchs auszunutzen. Das 7 Wochen alte, 4 kg schwere, normale Brustkind hat von seinem Nahrungsüberschuß (32 Proz.) 56 Proz. zum Anwuchs verwendet.

Die Wärmebildung unserer frühgeborenen Säuglinge hält sich auf dem Niveau von rund 1000 Kal. per Quadratmeter Körperoberfläche.[1] Der Stoffwechsel (die Wärmeproduktion) im Wachstum begriffener, in Ruhe befindlicher Frühgeburten (bei Frauenmilchernährung) ist im großen und ganzen derselbe wie bei normalen, wachsenden, ruhigen Brustkindern. Die gleiche Ruhe, Temperatur und Ernährungsverhältnisse vorausgesetzt, ist also die Wärmebildung der intensiv wachsenden Frühgeburten gegenüber den normalen Brustkindern nicht gesteigert. Sie ist eher ein wenig vermindert, weil infolge der hohen Ansatzfähigkeit fast die ganze über den Minimalbedarf gehende Energiemenge zum Anwuchs verbraucht wird. Es bestätigt sich also bei den Frühgeborenen der von Rubner aufgestellte Satz, daß die Wachstumsarbeit an den Stoffwechsel des Säuglings über den von der jugendlichen Zelle beanspruchten Ansatz keine beträchtlichen Anforderungen stellt.

---

[1] F. G. Benedict und J. B. Talbot (*The Gaseous Metabolism of Infants*, Washington 1914, p. 82, 101, 143) haben aus ihren kurzfristigen, auf mehrere Monate sich erstreckenden und im Atwater-Benedict-Apparat ausgeführten Versuchen die Wärmebildung eines frühgeborenen Säuglings (luetisch, Geburtsgewicht 1·45 kg, in den ersten 4 Wochen Frauenmilch) zu 1032 Kal. (Faktor 10·3) bestimmt. Auch die von ihnen bestimmten Kohlensäurewerte stimmen, auf die Oberflächeneinheit und pro Kilogramm berechnet, mit unseren überein.

Der Wasserstoffwechsel der beiden Frühgeborenen weist ziemliche Schwankungen auf. Die Wasserbilanzen sind nicht nur bei beiden Kindern, sondern auch bei ein und demselben Kind in den beiden Perioden verschieden. Kind I hat in der I. Periode 47 g Wasser pro Tag verloren, in der II. Periode hat es 11 g pro Tag im Körper zurückbehalten. Berücksichtigt man das mit der Nahrung eingeführte Oxydationswasser, so werden die Wasserbilanzen in beiden Perioden positiv und zwar pro die in der I. 1·8 g, in der II. 59·8 g. Kind II hat in beiden Perioden Wasser vom Körper abgegeben und zwar pro die in der I. Periode 69 g, in der II. Periode 42 g. Auch nach Einberechnung des Oxydationswassers bleibt der Wasserverlust bestehen: I. Periode pro die 87 g, II. Periode pro die 16 g. Worin diese Schwankungen liegen, kann man nicht ohne weiteres sagen. Zunächst spielt wohl der methodische Fehler eine gewisse Rolle, aber ebensogut können diese Verschiedenheiten durch die für den Wasserstoffwechsel immer noch zu kurzen Perioden bedingt sein. Man tut gut, für die Wasserbilanzen die beiden Perioden zusammenzuziehen. Dann bekommen wir unter Berücksichtigung des Oxydationswassers folgende Werte pro die:

Frühgeburt I	Frühgeburt II
+ 31·7 g	— 26 g

Versucht man eine Beziehung von Wasserstoffwechsel unserer Frühgeborenen zu ihrem Mineralstoffwechsel (Gesamtasche) herauszufinden, so zeigt sich folgendes: Kind I weist bei positiver Wasserbilanz eine Aschenretention auf (pro Tag + 0·24 g), Kind II verliert 26 g Wasser, retiniert aber 0·12 g Asche pro Tag (Mittel aus Periode I und II). In der zweiten (längeren) Periode hat dieses Kind bedeutend weniger Asche retiniert. (+ 0·054 g pro die).

Die prozentuale Verteilung der Wasserausscheidung war:

	Urin	Kopf	Haut u. Lunge
Kind I:			
I. Periode	59·4	4·2	36·3
II. Periode	70·0	4·1	25·9
Mittel aus I und II	64·7	4·2	31·3
Kind II:			
I. Periode	55·35	7·5	37·0
II. Periode	64·0	9·0	26·5
Mittel aus I und II	59·67	8·2	31·7

Die Wasserausscheidung durch den Kot war bei Kind II um das Doppelte größer als bei der Frühgeburt I. Tatsächlich hatte Früh-

geburt II sehr viel und meistens dünne Stühle. Die durch Haut und Lunge ausgeschiedenen Wassermengen sind bei beiden Kindern gleich; pro Kilogramm und Tag haben sie (durch Haut und Lunge) im Mittel beider Perioden 55 bzw. 60 g ausgeschieden. Das sind recht hohe Mengen, die vom kalorischen Gesichtspunkte aus betrachtet einen beträchtlichen Wärmeverlust durch Verdunstung ergeben.

	Wärmebildung in Kal.	Wasser durch Verdunstung in g	Kal. in verdunstetem Wasser	Wärme durch Verdunstung in Proz.
Kind I:				
I. Periode	188·7	182	109	57·7
II. Periode	188·5	117	70·2	37·2
Mittel aus I und II				47
Kind II:				
I. Periode	176	163	98	55·7
II. Periode	169	100	60	35·6
Mittel aus I und II				45·6

47 bzw. 45·6 Proz. der Wärmeabgabe fallen also auf die Wasserverdampfung. Die Kinder lagen sehr ruhig, das Moment einer starken Lungenventilation kann also für die hohe Wasserdampfausscheidung nicht in Betracht kommen. Man muß aber berücksichtigen, daß die den Kindern mit der Nahrung zugeführte Wassermenge sehr groß war (176 bzw. 160 g pro Tag und Kilogramm Körpergewicht).

Fassen wir kurz die Ergebnisse zusammen, die wir aus den Gesamtstoffwechselversuchen an zwei frühgeborenen Säuglingen gewonnen haben: Die beiden Frühgeborenen haben bei einer im allgemeinen ungünstigen kalorischen Ausnutzung der Nahrung insbesondere bei schlechter Fettausnützung das ihnen mit der Nahrung gereichte Eiweiß sehr gut zum Aufbau ihrer Zellen verwertet. Vom energetischen Standpunkte ist die Tatsache bedeutungsvoll, daß fast der gesamte Nahrungsüberschuß zum Anwuchs verbraucht wurde. Die Wärmebildung war nicht gesteigert.

Metzger & Wittig, Leipzig.

Physiologische Abteilung. 1915. II. u. III. Heft.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM WALDEYER,

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

UND

DR. MAX RUBNER,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1915.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG.

ZWEITES UND DRITTES HEFT.

MIT ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1916

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis und 30 ℳ Honorar für den Druckbogen zu 16 Seiten.

Beiträge für die anatomische Abteilung sind an

Professor Dr. **Wilhelm Waldeyer** oder an Professor Dr. **H. Virchow** oder an Dr. **P. Röthig**, sämtlich in Berlin N.W., Luisenstr. 56,

Beiträge für die physiologische Abteilung an

Professor Dr. **Max Rubner** in Berlin W., Kurfürstendamm 241 III

portofrei einzusenden. — Zeichnungen zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf vom Manuskript getrennten Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, unter Berücksichtigung der Formatverhältnisse des Archives, eine Zusammenstellung, die dem Lithographen als Vorlage für die Anordnung dienen kann, beizulegen.

Die Zusammensetzung des Birkenholzes.

Von

Max Rubner.

I.

Die nachfolgenden Untersuchungen sind durch die Kriegslage veranlaßt worden. Als Ende Januar und Anfang Februar 1915 bekannt wurde, daß die Vorräte an Brotgetreide sehr beschränkt seien und ernste Maßregeln getroffen werden müßten, um durchhalten zu können, wurde eine Fülle von Substanzen zur Streckung des Brotgetreides vorgeschlagen, großenteils Dinge, welche schon oft in Ermangelung von Getreide zur Hungerstillung in verschiedenen Ländern benützt worden sind. Man kann alles zusammenfassend sagen, daß irgendein völlig neuer Gedanke dabei nicht zum Ausdruck gekommen ist. Bei manchen Substanzen ist man durch die bei scharfer Zermahlung auftretende mehlartige Beschaffenheit, also durch das physikalische Äußere der Verlockung unterlegen, darin ein Material zur Streckung des Getreides zu sehen, in anderen Fällen hat man sich durch den analytisch festzustellenden Nährgehalt blenden lassen, und ohne Rücksicht auf die Frage der Möglichkeit der Resorption im Darmkanal solche Substanzen empfohlen.

Auch manche Nahrungsstoffe und minderwertige Produkte der Industrie hat man dem Brot beizumengen vorgeschlagen. Man hat solchen Vorschlägen amtlicherseits viel zu viel Gehör geschenkt und Verwendungen von Materialien erwogen, welche das Brot minderwertig gemacht hätten.

Man kann jetzt über die meisten dieser Dinge zur Tagesordnung übergehen, denn glücklicherweise ist der größte Teil der Vorschläge nicht über das erste Prüfungsstadium hinausgekommen; für die Volksernährung haben sie daher weder einen schädlichen, noch nützlichen Einfluß üben können. Man kann auch sicher sagen, sie werden uns und unsere Ernährung weiterhin nicht behelligen.

Unter den für die Tierernährung empfohlenen Nahrungssurrogaten hat man schon vor längerer Zeit die Reisigfütterung angewandt, mit gutem Erfolge, wie manche meinen. Hier tritt uns Holz — bestimmter Bäume, und zwar jugendliches Holz als Nährsubstanz entgegen.

In ähnlicher Richtung liegt eine Empfehlung Haberlandts, der unter anderem auf das Birkenholz als mögliche Nährsubstanz verwies.

Haberlandt hat näher ausgeführt, daß der Holzkörper der Bäume und Sträucher neben seinen sonstigen zutage tretenden Funktionen auch ein Reservestoffbehälter sei, der zur Winterszeit Stärke, Zucker, fettes Öl und auch Eiweißsubstanzen (letztere in geringer Menge) enthält, welche in den Markstrahlen und im Holzparenchym aufgespeichert sind, um im Frühjahr nach den Laub- und Blütenknospen zu wandern. Reservestoffe dieser Art finden sich nur im Splint, nicht im Kernholz. Manche Bäume enthalten nur Splintholz, wie die Ahornarten, die Birke und die Zitterpappel. Nach Alfred Fischer unterscheidet man Fettbäume und Stärkebäume; Linde, Birke, Kiefer, die zu ersteren gehören, enthalten im Winter nur fettes Öl, keine Stärke, andere wie: Eichen, Ahorn- und Pappelarten usw. enthalten auch im Winter reichlich Stärke, die Nadelhölzer nehmen eine Mittelstellung ein. Bei den Fettbäumen wird etwa Ende Februar das Fett in Stärke zurückverwandelt. Im April findet sich das Stärkemaximum, dann wird Stärke als Zucker gelöst und weiter nach den Laub- und Blütensprossen gebracht. In der Regel haben die Holzfasern mit der Stoffspeicherung nichts zu tun, doch haben bei manchen Hölzern die Zellulosefasern eine Auflagerung von Hemizellulosen, die auch als Reservestoff dienen, also zeitweilig in Lösung gehen können.

Das eigentliche Speichergewebe des Holzes sind die in radialer Richtung ziehenden Markstrahlen und das Holzparenchym. Nach Haberlandt kann das Volumen der Markstrahlen 22 Prozent, das des Holzparenchyms 6 Prozent des Gesamtvolumens, z. B. der Ulme, ausmachen. Für die Kastanie gibt Leclerc du Sablon in maximo 24·7 Prozent des Stammes im Februar als Zucker und Stärkegehalt an.

Die Empfehlung der Holzfütterung ist nicht mit großem Enthusiasmus aufgenommen worden, es war unter allen Umständen zunächst die Zerkleinerungsfrage zu erörtern. Denn es ist klar, daß für die Tierhaltung nur Material bestimmten Zerkleinerungsgrades angewendet werden kann. Weiterhin sind die üblichen Hindernisse der in pflanzlichen Zellen eingeschlossenen Nährstoffe (Fett und Stärke) nur da ohne wesentliche Bedeutung, wo eine weitgehende Verdauung der Zellulose eintritt, wie bei manchen Wiederkäuern, wesentlich aber dort, wo diese Kräfte fehlen. Auch ist zu bedenken, daß Fette oder Stärke, so wichtig sie als Nährstoffe sind,

doch keine Kraftfuttermittel, deren Ersatz in erster Linie erwünscht sein müßte, darstellen.

Da aber bislang direkte Untersuchungen über die Resorption der Substanzen nicht vorlagen, so wurde von verschiedenen Seiten die Prüfung dieser Frage durch das Experiment nicht abgelehnt, sondern der Beschluß gefaßt, geeignetenfalls bei landwirtschaftlichen Haustieren Experimente anzustellen, wobei die reichliche Zellulose verdauenden Rinder oder die weniger für solches Material ausgerüsteten Schweine in Betracht kommen. Es war auch dies von Interesse, wenn an sich auch nicht von solcher Bedeutung, wie Versuche in Aussicht zu nehmen, die das Problem der Verwertung für den Menschen zu beurteilen in der Lage waren. Die erste Aufgabe hatte Geheimrat Zuntz, die letztere ich selbst ins Auge gefaßt.

Die Beschaffung des Materials hatte das Kgl. preuß. Ministerium für Landwirtschaft usw. in Aussicht gestellt. Die Herstellung von genügend feinem Material ließ sich nach dem Urteil der Sachverständigen am ehesten durch den Holzschliff auf nassem Wege erreichen. Dies Produkt ist mir seinerzeit in halbfestem Zustande mit etwa 30 Prozent Trockensubstanz geliefert worden, es wird gewiß im einzelnen je nach den Holzstämmen der Birke, die zur Verwendung kamen, ungleich gewesen sein. Es widersteht der Austrocknung sehr lange, verfilzt zu festen Schollen und Massen, die in dieser Form ganz ungeeignet für die Verwendung waren. Die Fasern sind noch ziemlich derb.

Die Grundbedingung, die Zertrümmerung so weit zu treiben, daß damit die Hauptmasse der Zellen angerissen und angebrochen würden, war nicht im entferntesten erreicht. Weitere Versuche der Zerkleinerung mußten noch angestellt werden; es gehört aber die Holzmasse zu den Stoffen, bei denen die Feinmahlung ungemein schwierig ist. Am sichersten gelingt es allemal, durch Zerreiben im Achatmörser Material zu gewinnen, solche Apparate, mechanisch betrieben, — haben aber quantitativ eine sehr beschränkte Leistungsfähigkeit, meine Laboratoriumsapparate konnten dafür nicht in Betracht kommen. Wenig leistungsfähig, ja unbrauchbar erwies sich auch die Kugelmühle, wenn schon nach tagelangem Laufen wenigstens einiges feines Material gewonnen wurde, doch war das Produkt in hohem Maße aschehaltig. Am besten erwies sich im Erfolg eine rotierende Mühle, in welcher trocken die Vermahlung vor sich ging; zwar lieferte auch sie kein völlig gleichartiges Material, wohl aber konnte dann durch Siebung das geeignete vom ungeeigneten geschieden werden.

Bei dem Sieben erhielt man dann einen weiteren Einblick in die Art der Zerkleinerung. Das Material war flockig, wie etwa Flaum, aber insofern abweichend davon, daß es keine dauernde Elastizität besitzt, sondern

nach dem Pressen mit der Hand wohl auch nicht fest wird, aber doch nicht mehr sich genügend lockert.

Beim einfachen Schütteln geht durch die feinen Siebe sehr wenig hindurch, nur beim langsamen Reiben mittels eines Pinsels kann man das Material weiter zerlegen. Aus einer größeren Menge zermahlenen Materials erhielt ich:

52·9 Prozent feinstes Mehl,
29·9 ,, mittleres ,,
17·2 ,, gröberes Material,

alles von mehlartiger Beschaffenheit. Zum Absieben des feinsten Teiles benutzte ich ein Seidennetz, dessen Fäden einen Abstand von 0·08 bis 0·1 mm im Lichten hatten. Durch feinere Netze wäre das Material nicht hindurchgegangen. Es zeigte sich später, daß ein solches Präparat immerhin als recht tauglich für die Versuche genannt werden kann. Für Tierfütterungen kommt man möglicherweise mit dem Holzschliff selbst aus. Den letzteren vor dem Zermahlen stark zu trocknen, habe ich wegen der leichten Zersetzlichkeit gewisser Holzbestandteile unterlassen.

Der Gehalt des ,,Birkenmehles" an hygroskopischem Wasser war 7·32 Prozent — bei 92·68 Prozent Trockensubstanz. Bei längerem Trocknen färbt sich die Masse, wie ja bekanntlich auch Filtrierpapier braun. Bei der mikroskopischen Untersuchung ließen sich nur Spuren von Stärke auffinden. Die Holzmasse wird beim Holzschliffverfahren mehr in Fasern zerrissen, nicht aber in gleichmäßige Krümelchen verwandelt, wie das mit Kleie leicht zu erreichen ist. Darin liegt der Grund des Versagens der Siebung. Die Fasern sind dünn, aber lang, daher lagern sie sich leicht quer und gehen durch die Sieböffnungen nicht hindurch.

Die Untersuchung des so hergestellten Birkenmehles ergab für 100 Teile Trockensubstanz:

0·36 g N-Gehalt,
2·25 ,, Rohpsotein,
0·40 ,, Fett (abzüglich der Harze),
8·30 Prozent Asche,
58·1 ,, Weender Zellulose ohne Abzug für N-Gehalt[1],
30·2 ,, N-freie Extrakte.

Stärke in quantitativ faßbarer Menge war also nicht vorhanden, der Gehalt an Fett war auch sehr gering. Es ist möglich, daß in anderen Teilen des Materials, das viele Säcke füllte, auch einzelne Proben vorgekommen

[1] Bei dem geringen N-Gehalt des Ausgangsmaterials ist kaum mehr wie 0·15 Prozent N in der Zellulose zu erwarten.

sein mögen, welche etwas mehr Fett oder analytisch faßbare Mengen von Stärke einschlossen. Offenbar war das Ausgangsmaterial Holz, welches nicht den von anderer Seite aufgeführten Analysenwerten entsprach.

II.

Obgleich so das Ziel, welches in der Untersuchung der Resorption etwaiger Stärke- und Fettmengen aus den Birkenholzzellen lag, mit dem vorliegenden Material gar nicht erfüllt werden konnte, schien mir das Birkenmehl gerade dadurch, daß es „Holz“ darstellte und aus Zellen bestand, welche so gut wie keine Nährstoffe enthielten, ein Objekt zu sein, das eine weitere Untersuchung lohnte. Es sind eben pflanzliche Zellmembranen und wenn man ein anderes Mal die Verdaulichkeit eines nährstoffreichen Präparates prüfen kann, so wird auch dabei nicht nur die Zerkleinerung des Materials, sondern auch die Auflösungsmöglichkeit im Darm eine entscheidende Rolle spielen. Wenn nicht die Membranen selbst ausgiebig angegriffen werden, wird nie ein erheblicher Nutzeffekt erzielt werden. Die vielleicht anfänglich auffällige Frage: kann Holz verdaut werden? verliert das Widersinnige, wenn man bedenkt, daß bei unserer pflanzlichen Kost überhaupt die Lösung von Zellmembranen eine ganz hervorragende Bedeutung haben muß. Aus holzartigem Material bestehen gewiß unzählige Zellwände von Substanzen, die wir anstandslos genießen: Man wird daher am besten einmal mit den Untersuchungen solcher Zellmassen beginnen müssen.

Dieses Problem interessierte mich ausreichend, um weitere Experimente anzustellen, die zunächst eine Reihe allgemeine und methodische Vorfragen zu erledigen hatten, da es mir naheliegend schien, daß die einfachen, bisher ausgeführten Experimente über die Resorption nicht ausreichende Auskunft geben und eine Verbesserung erlauben.

Das verholzte Gewebe besteht aus sehr verschiedenen Bestandteilen, die wahrscheinlich zum Teil durch einfache Reaktionen ineinander übergehen. In neuester Zeit hat sich namentlich J. König um ihre Trennung bemüht. Von den verschiedenen in Frage kommenden Substanzen mögen nur die Hemizellulosen (Pentosane und Hexosane), die echte Zellulose, die Ligninsubstanzen, das Kutin, erwähnt sein. Sie sind nicht zu einer höheren chemischen Einheit, sondern als morphologisch verbundene Masse aufzufassen, die teils nach der alten Anschauung von Nägeli so sich mengen, daß neue hinzukommende Verbindungen in die Zwischenräume der Mizelle eintreten durch Intersuszeption, teils, wie man meint, auch durch Auflagerung.

Wände aus reiner Zellulose können „verholzen“ durch Einlagerung verschiedener Substanzen, so des Hexans oder Holzgummis, durch Ligninsubstanzen; daher sind also die Zellmembranen sehr verschiedener Natur. Von dem Gemenge dieser Substanzen hat man meist nur der „Zellulose“ besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Die echte Zellulose gehört zur Stärkegruppe, als deren Anhydrid sie aufzufassen ist. Das Lignin ist kohlestoffreicher als die Zellulose und sauerstoffärmer (bis 62 Prozent C), das Kutin enthält bis 73·7 Prozent C und stellt einen wachsähnlichen Körper dar. Mit dem Wachstum der Pflanzen nehmen die Pentosane und Lignine im Verhältnis zu den Hexosanen stärker zu als die Zellulose. Die Lignine sollen dabei durch Einlagerung von Methoxyl- oder Azetylgruppen aus Hexosanen oder Pentosanen entstehen.[1]

Nach mancher Richtung können neben der Zellulose die Pentosane als ein leicht analytisch faßbarer Körper der Untersuchung unterzogen werden. Die Pentosane sind aber in manchen pflanzlichen Materialien sehr reichlich enthalten. Es schien mir daher von Wert, das Birkenholz nach dieser Richtung hin zu prüfen.

Die Menge der Pentosen wird pro 100 g Trockensubstanz angegeben:

für Roggenstroh	zu	24·84 g
„ Wiesenheu	„	18—19 g
„ Buchenholz	„	23—33 g
„ Eichenholz	„	19·7 g
„ Fichtenholz	„	8·9—9·2 g
„ Kirschgummi	„	46·7 g

Letzteres enthält hauptsächlich Arabinose.[2]

Zur Untersuchung auf Pentosen habe ich mich an die Angaben von Tollens gehalten, auch da, wo es sich um den Nachweis der Methylpentosen handelt. Das untersuchte Birkenpräparat ist reich an Pentosen, im Mittel vieler Bestimmungen fand ich 32·7 Prozent der Trockensubstanz (mit wenig Methylpentosen).

Was die Zellulosebestimmung anlangt, so sind die anzuwendenden Verfahren, wenn man von der aus meistens geübten Weender Methode absieht, außerordentlich zahlreich. Es sei hier nur auf die Zusammenstellungen bei Lebbin[3] und die methodisch kritischen Zusammenstellungen bei J. König[4] verwiesen.

[1] J. König, *Zeitschrift für Untersuchungen der Nahrungs- und Genußmittel.* Bd. XXVI. S. 273—281.

[2] Siehe Röhmann, *Physiologische Chemie.* S. 122.

[3] Lebbin, *Archiv für Hygiene.* 1897. Bd. XXVIII. S. 212.

[4] J. König, *Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln usw.* Berlin 1910.

Ich habe mich des Verfahrens von W. Hoffmeister[1] bedient, welcher das fein zerteilte Material bei Stubentemperatur 24 Stunden mit chlorsaurem Kali und Salzsäure von 1·050 spezifischem Gewicht behandelt. Es hat den großen Vorzug, daß man relativ leicht auch größere Mengen von Stoffen verarbeiten kann. Nach der Behandlung mit chlorsaurem Kali wird mit verdünntem Ammoniak in der Wärme die Ligninsubstanz weggenommen. Nach der Anwendung von chlorsaurem Kali habe ich mit großen Mengen warmen Wassers die Zellulose gewaschen, dann in einen Kolben gespült und NH_3 zugegeben. Manchmal dauert das Auswaschen — ich sehe von Birkenholz ab — außerordentlich lange; es ist das aber eine unerläßliche Voraussetzung für die weitere Verarbeitung und das Erhitzen mit NH_3. Man erhält nur leicht zu filtrierende Flüssigkeiten, wenn man gut ausgewaschen hat. Nach Behandeln mit NH_3 wäscht man wieder mit heißem Wasser. Dann bringt man den Niederschlag in den Kolben zurück und kocht mit Alkohol, um das Wasser aus den Pflanzenzellen zu entfernen, filtriert und wäscht mit Äther aus, preßt mit der Hand das Filter wie einen Schwamm aus, trocknet an der Luft. Jetzt löst sich die Zellulose leicht vom Filter, man kehrt die Reste mit der Federfahne ab und bringt sie in ein Wiegegläschen und trocknet bei 100°.

Um über die Anwendbarkeit der Methode ein eigenes Urteil zu gewinnen, habe ich zwei Versuche mit Filtrierpapier angestellt. Angewendet wurde je 4·5685 g bei 100° trockene Substanz, welche nach Abzug der Asche 4·506 g Zellulose entsprechen. Wieder erhalten wurden 4·688 g Zellulose bei 100°, welche nach Abzug der Asche 4·482 g Zellulose entsprechen, wiedergefunden also 99·47 Prozent der angewandten Zellulose. Die echte Zellulose wird also durch das Verfahren von W. Hoffmeister nicht angegriffen und verändert, was mit dessen Angaben gut übereinstimmt. Der einzige Punkt, in welchem ich von W. Hoffmeister abgewichen bin, ist die Menge der reagierenden Flüssigkeit, welche mir namentlich für alle stärkereichen Substanzen oder solche neben Zellulose viel andere organische Stoffe enthaltende (z. B. Kot) zu gering erschien. Häufiges Schütteln ist besonders am Anfang der Reaktion notwendig.

Die fraktionierte Ausführnng einer Bestimmung ergab, daß die Behandlung mit chlorsaurem Kali der Haupteingriff ist, es wurden dadurch 43·8 Prozent des Birkenmehles gelöst, durch die anschließende Behandlung mit Ammoniak 11·1 Prozent, es hinterblieben 44·15 Prozent Zellulose.

Andere Bestimmungen ergaben Werte bis 45·0 Prozent, im Mittel also 44·5 Prozent Zellulose, wobei weniger als 0·1 Prozent N zurückbleibt und 4·4 Prozent Asche abzuziehen sind.

[1] W. Hoffmeister, *Landwirtschaftliche Jahrbücher*. 1888. Bd. XVII. S. 239.

Die Zellulose enthält aber noch Pentosen, die ich jedesmal besonders bestimmte. Die Menge betrug 10·64 Prozent. Da in dem Holz nicht Pentosen, sondern Pentosane sind, so wird der Pentosenwert umgerechnet in Pentosane: 1 g Pentose = 0·883 Pentosane. Wenn man den N, der ja wahrscheinlich nicht ganz in der Form von Eiweißstoffen vorhanden ist, beiseite läßt, so gehen von 44·5 Prozent Zellulose noch ab 1·96 g Asche und 9·38 g Pentosane = 11·34, es bleiben dann 33·16 g einer Substanz übrig, die jedenfalls ein besseres Bild vom Zellulosegehalt ergibt, als etwa die Weender Methode, von der Anwendung des Glyzerin-Schwefelsäureverfahrens nach J. König, das für mich aus äußeren Gründen nicht in Frage kommen konnte, abgesehen. Daraus ergibt sich, daß die Zellulose im Birkenholz an Masse den Pentosen nahe kommt.

Die Weender Methode ergab ein wesentlich höheres Resultat als das Hoffmeistersche Verfahren, das Präparat war auch im Aussehen unreiner. Ich erhielt 58·1 Prozent aschefreie Holzfaser (62·5 aschehaltig). Der Pentosengehalt der Rohzellulose war 15·85 Prozent = 13·98 Pentosane. Es sind daher von 58·1 Teilen noch 8·7 als Pentosane abzuziehen = 49·4 Prozent Reinzellulose. Unterzieht man die Weender Zellulose dem Verfahren von Hoffmeister, so wurde nachträglich um 34·2 Prozent weniger Zellulose gefunden, was etwa auch dem Verhältnisse der Reinzellulosenunterschiede entsprach.

Ein Versuch der Zellulosebestimmung mit $H_2O_2 + HN_3$ in der Wärme nach Lebbin durchzuführen, gab ein unbefriedigendes Ergebnis. Die Pentosen wurden ganz unvollkommen abgetrennt. Die Modifikation festzustellen, unter denen günstige Resultate erzielt wurden, lag nicht in meiner Absicht.

Zum Vergleich mit Birkenholz sei noch die Analyse von Sägespänen — aus irgendeinem Koniferenholz — angeführt. Sie enthielten 12·71 Prozent Pentosen der Trockensubstanz und die daraus dargestellte Zellulose 7·72 Prozent Pentose. Für die Zusammensetzung der eigentlichen Zellwände des Birkenholzes würde sich folgendes Bild ergeben: In 100 Teilen Birkenholz sind:

2·25 Rohprotein,
0·40 Fett,
8·30 Asche,
32·7 Pentosen = 28·87 Pentosane,
33·16 Zellulose (asche- und pentosanfrei).

Abzüglich Fett, Asche und Rohprotein = 10·95 Teile bleiben als organische Zellsubstanz 89·05 Teile mit 33·2 Zellulose und 28·87 Pentosanen (verschiedene Verbindungen).

In 100 Teilen aschefreier „Zellmembran“ sind sonach:

37·23 Zellulose,
32·41 Pentosane,
30·36 Rest.

Die Zellulose ist zwar pentosanfrei, aber nicht ausschließlich echte Zellulose, da sie ja, wie später angegeben wird, zum kleinen Teil in Kali löslich ist, der „Rest“ muß aus Ligninen, Hemizellulosen (nicht pentosanhaltigen usw.) bestehen. Die Zellulose macht also nur den kleineren Teil der Holzsubstanz überhaupt aus, durch das angegebene Verfahren läßt sich wenigstens die Zellmembran leicht in drei Gruppen von Stoffen zerlegen.

III.

W. Hoffmeister[1] hat bei seinen Versuchen über Zellulosedarstellung die Beobachtung gemacht, daß manche (Roh-)Zellulosen sich in 5 prozent. Natronlösung in der Kälte zum Teil auflösen. Aus Kleie-, Kot-, Holzzellulose kann viel Substanz löslich werden, bei der Kleie bis 49·4 Prozent, bei Kotzellulose bis 22 Prozent; die gelöste Substanz hat die elementare Zusammensetzung der Zellulose, geht aber leicht durch Säuren in Zucker über, ist unlöslich in Schweitzers Reagens.

Diese Beobachtungen haben ein physiologisches Interesse gewonnen. W. Hoffmeister hat sich beide Formen der Zellulose hergestellt und beobachtet, daß die Zellulose, welche unverändert ist, und solche, die mit 5 Prozent Kali extrahiert ist, ein verschiedenes Ausnutzungsvermögen beim Menschen besitzt. Von der mit Kali vorher extrahierten Zellulose werden 94·4 Prozent nicht aufgenommen, von der mit Kali löslichen Form nur 24·2 Prozent. Die Versuche sind nicht ausführlicher mitgeteilt, auch von keiner Seite wiederholt worden. Sie sind sehr bemerkenswert, lassen aber doch manche Frage offen.

Die Zellulosepräparate, wie sie Hoffmeister benutzt hat, sind nicht die ganze Zellenmembran, sondern nur ein Teil, ein Überbleibsel, man kann sich vorstellen, daß schon bei der Herstellung der „Stammzellulose“ mehr oder minder reichliche Teile der pflanzlichen Zellmembranen beseitigt worden sind, so daß man über die Grade der Resorbierbarkeit der vollen unversehrten Membran nichts aussagen kann und ebenso kann man mit 5 prozent. Natron oder Kali verschiedene Teile der Zellulose auflösen und Präparate von verschiedener Resorbierbarkeit machen.

Außerdem ist es aber möglich, daß die natürlich vorkommenden Zellhüllen auch in solchen Fällen, in denen die Zellulose zum Teil in Kali

[1] *Landwirtschaftliche Jahrbücher*. 1888. Bd. XVII. S. 239.

löslich ist, gar keine leicht aufnehmbare Zellulose enthalten, weil die Löslichkeit durch inkrustierende Substanzen sehr modifiziert werden kann.

Diese Überlegung ergibt sich aus folgendem Umstande:

W. Hoffmeister erwähnt die Versuche von Thommsen[1], der durch Natronlauge (5 Prozent) Holzgummi ausgezogen hat. Dieser Versuch mißlingt bei Nadelhölzern, er gelingt, nachdem man die Zellulose dargestellt hat. Daher wird für die Verdaulichkeit auch entscheidend sein, was vorliegt: die ursprüngliche Substanz oder die bereits verarbeitete Zellulose.

Man kann also aus dem Verhalten der Zellulosen, das ist der springende Punkt, keinen Schluß auf das Verhalten der ursprünglichen Substanz ziehen. Bei dem Birkenholz liegt für eine Untersuchung die Sache einfach; es besteht ja fast ausschließlich aus Zellwandungen, man kann also deren natürliche Löslichkeit in Alkali ins Experiment ziehen. Ich habe die Löslichkeit des Birkenholzes in 5prozent. Kalilauge untersucht (24 Stunden bei Zimmertemperatur). Es tritt sofort eine gelbbraune Färbung ein. Nach 24 Stunden ist die Lauge rotgelb. Es wird zuerst zentrifugiert, dann mit Wasser aufgeschwemmt und nochmals zentrifugiert, mit heißem Wasser ausgewaschen, dann mit heißem Alkohol und schließlich mit Äther. Auf diese Weise gehen 28·6 Prozent des Holzes in Lösung; statt des einfachen Schüttelns der Flüssigkeit habe ich da, wo es sich um die Gewinnung der in Kali löslichen Substanz handelt, gelegentlich die Behandlung mit 5 prozent. Kali in der Kugelmühle durchgeführt.

Die restierende Substanz enthielt nur noch 17·2 Prozent Pentosen, hatte also einen großen Teil der Pentosen abgegeben.

Wenn 100 Teile trockenes Birkenholz 32·7 Pentose enthalten, ist in 71·41 Teilen Substanz, welche in Kali unlöslich sind und 17·2 Prozent Pentose enthalten, 12·3, also in 28·6 g Gelöstem 20·4 g Pentose, d. h. rund 71 Prozent. Die in der 5prozentigen Kalilösung enthaltene Substanz enthält also hauptsächlich Pentose.

Der kaliunlösliche Teil enthält 0·14 Prozent N; von 100 Pentose des Birkenholzes sind 62·54 Teile kalilöslich und nur 37·46 g kaliunlöslich. Diese Lösung könnte so erfolgen, daß überhaupt ein Teil der Zellulose selbst samt ihren Pentosen aufgelöst wird.

Ich habe daher die mit Kali ausgezogene Substanz auf Zellulose verarbeitet und dabei 46·8 g Zellulose gefunden, wenn auf das ursprünglich angewandte Birkenholz gerechnet wurde, während sonst im Mittel 45 Prozent gefunden wurden. Es findet also keine Zerstörung der Zellulose durch die Behandlung mit 5 prozent. Kali statt.

---

[1] *Journal für praktische Chemie.* Bd. XIX. S. 196.

Im Verlauf der Versuche hatte ich eine größere Menge der durch Kali ausziehbaren Substanz, die meist leicht braun aussieht, gesammelt, indem ich die Extrakte mit Alkohol fällte und mit Alkohol auswusch. Man erhält sie nicht ganz aschefrei. Auf organische Substanz berechnet, enthielt diese Mischprobe verschiedener Darstellung 73·3 Prozent Pentosen, was mit der obigen Rechnung gut übereinstimmt.

Das Präparat löst kaum Kupferoxydhydrat und gibt auch direkt keine Reduktion, geht aber leicht bei kürzestem Erwärmen mit ClH in eine reduzierende Substanz über, die auch die Pentosenreaktion mit Phloroglucin gibt.

Dürfte man das obige Ergebnis, daß durch Kali hauptsächlich Pentosen gelöst werden, verallgemeinern, so würde also W. Hoffmeisters Beobachtung so aufzufassen sein, daß in seinem Ausnutzungsversuche es sich hauptsächlich um die Resorption von Pentosanen gehandelt hat.

So kräftig die Zellwandungen und die nach W. Hoffmeister hergestellte Zellulose durch freies Alkali angegriffen werden, so wenig beeinflußt Soda die Löslichkeit, Birkenholz, das mit verschiedener Konzentration von Soda zwischen 25—3 Prozent (kristallwasserhaltig) 24 Stunden behandelt worden war, gab nicht mehr an Substanz ab, als auch durch Ausziehen mit heißem Wasser zu Verlust geht.

Über den allmählichen Abbau des Birkenholzes durch die Behandlung mit 5prozentiger Kalilauge möchte ich noch folgendes anfügen: Ich schicke die Analysen über die Behandlung der „Zellulose“ voraus, da hierüber noch keine Angaben gemacht wurden, die anderen Analysenwerte ergeben sich ohne weiteres aus den schon oben angeführten Untersuchungen.

Birkenholzzellulose wurde bei Zimmertemperatur mit 5prozentigem Kali (200 ccm auf 2 g Substanz) stehen gelassen, hierauf verdünnt, filtriert, mit kaltem, dann heißem Wasser ausgewaschen, mit Alkohol und Äther behandelt und getrocknet.

Von 100 Teilen Trockensubstanz lösten sich nur 8·65 und 91·35 waren unlöslich, es ist also wenig von dieser Zellulose in Kali löslich; daß die Reinzellulose nicht angegriffen wird, habe ich schon erwähnt. Die restierende Trockensubstanz (mit 7·25 Prozent Asche) wurde auf Pentose untersucht und ergab 4·72 Prozent Gesamtpentosen.

Die Veränderungen im Pentosengehalt sind in absoluten Zahlen folgende:

Birkenholzmehl enthält normal in 100 Teilen	32·7	g Pentosen
der in Kali unlösliche Teil davon	12·3	„ „
in 45 Teilen Zellulose sind bei 10·64 Prozent Pentose .	4·8	„ „
in dem in Kali unlöslichen Teil der Zellulose	1·94	„ „

Der wichtigste Teil des Eingriffs ist demnach die Behandlung des Birkenholzes mit Kali. Durch alle Eingriffe zusammengenommen, ist der Pentosengehalt auf 5·93 Prozent des ursprünglichen gesunken.

Die Gewichtsmengen, welche nach den verschiedenen Eingriffen als Trockensubstanz (ohne Berechnung der Asche) hinterbleiben, sind folgende:

Ausgangsmaterial	100
nach Behandlung mit Kali	71·4
die Rohzellulose beträgt	45·0
nach Behandeln der Rohzellulose mit Kali	41·1

Untersuchungen über die Resorbierbarkeit des Birkenholzes.

Von

Max Rubner.

Bei einer großen Zahl pflanzlicher Nahrungsmittel liegen die zur menschlichen Nahrung verwendeten Bestandteile so weit frei, daß sie durch Sprengung einer derben Außenhaut in Freiheit gesetzt werden können, so bei den Zerealien Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, bei Reis, Mais, auch bei Kartoffeln. In anderen Fällen sind aber nährende Bestandteile in den festgebauten Pflanzenzellen eingeschlossen, wie bei der Kleie oder den grünen Gemüsen.

Die pflanzlichen Nahrungsmittel werden vielfach so genossen, daß die Teile mehr oder weniger zerkleinert werden. Sie bestehen in diesen Fällen also aus Trümmern der Gewebe. Beim Kauen von grünen Gemüsen und Obst ist die Zerkleinerung der Teile nur sehr unvollkommen, man kann unschwer aus dem Kote z. B. Salatstücke von großem Umfange und ähnliches isolieren.

Auch bei den Substanzen, die wir im zermahlenen Zustande aufnehmen, ist die Zertrümmerung oft nur eine sehr mäßige; wenn man sich die Mühe macht, die Stärke chemisch zu entfernen, sieht man diese Zellstücke deutlich vor sich.

Wir haben es ausnahmslos mit zahlreichen unverletzten pflanzlichen Zellen neben anderen, deren Wandung angebrochen ist, zu tun.

Die alltägliche Erfahrung hat den Menschen über den Grad der Unverdaulichkeit vieler Pflanzenteile unterrichtet, manche liegen so wenig unverändert in den Ausscheidungen vor, daß auch die volksgemäße Auffassung das Entbehrliche solcher Beimengungen erkannt hat. Die naivste Beobachtung zeigt, daß die Kerne der Früchte unverändert wieder abgehen, daß auch die Häute in Beerenfrüchten wieder im Kote erscheinen;

nimmt man aber einige experimentelle Erfahrungen hierzu, etwa den reichlichen Genuß von Spinat oder gelben Rüben, so scheint schon ein oberflächlicher Vergleich, hier die grüne Farbe in dem einen, die goldgelbe in dem andern Falle, den Durchtritt der Speisen durch den Darm des Menschen zu bestätigen.

Die praktische Erfahrung hat daher von jeher Veranlassung genommen, die Hülsen z. B. von dem Inhalt der Brotfrucht zu trennen. So ist bei Weizen, Roggen, Hafer, Gerste die Abtrennung der holzfaserführenden Schichten üblich und die Mühlentechnik in dieser Richtung ausgearbeitet worden. Auch bei Reis und Mais ist das Schälverfahren angewandt. Bei Bohnen, Erbsen und Linsen wird in der Küche die Scheidung herbeigeführt und bei Verzehren von Früchten ist die Trennung der Schalen und Kerne beim Esseakt üblich geworden.

Wie man so einerseits sich eine bestimmte Meinung über das Unverdauliche gebildet hat, so hat es andererseits nicht an Vertretern der entgegengesetzten Meinung gefehlt. Man hat trotz der notorischen Ausscheidung unverdaulicher Pflanzenzellen merkwürdigerweise die völlig unbewiesene Behauptung aufgestellt, daß alle Pflanzenzellen mit Nährstoffinhalt unbedingt wertvolle Nahrungsstoffe wären. Man hat agitatorisch, nur um auf die umfangreichste Bewegung dieser Art hinzuweisen, den Inhalt der Kleberzellen als wichtige Nahrungsquelle bezeichnet. Das gilt aber nicht nur für die Kleiefrage, sondern es ist schließlich die Sachlage für viele Gemüse nicht anders. Auch in ihrer Beurteilung legt man auch heute noch, insoweit man wahllos nach der chemischen Zusammensetzung urteilt, einen falschen Maßstab an.

Eine Entscheidung in dieser Frage kann nur durch eine genaue experimentelle Untersuchung erbracht werden, welche zwei Gesichtspunkte zu betrachten hätte. Einmal die Feststellung, ob und inwieweit die Zellmembranen überhaupt auflöslich sind, daraus würde sich erst der Nachweis ihres ernährungsphysiologischen Nutzens ergeben, sind sie nicht löslich, so würde dann weiterhin zu prüfen sein, welcher Vor- oder Nachteil die Beimengung unverdaulichen Materials hat; unlösliche Zellmembranen würden aber weiterhin noch eine verschiedene Wirkung haben können, je nachdem sie in den Zellen Nährstoffe eingeschlossen haben oder nicht.

Die Zellmembranen der Pflanzen sind nichts Einheitliches, wie schon in dem Abschnitte über Birkenholz auseinandergesetzt wurde, können sie bei einzelnen Pflanzen je nach dem Alter der Pflanze sehr verschieden morphologischen, d. h. auch chemisch ungleichen Aufbau haben.

In dieser eben gegebenen Formulierung ist die Frage nie aufgenommen worden, denn man hat nie versucht, die Zellmembranen von den anderen

in den Pflanzen enthaltenen Nährstoffen zu scheiden, Mittel dazu wären auch früher dazu nicht vorhanden gewesen.

Soweit man experimentell die Bedeutung der Pflanzenmembranen zu erklären suchte, stand man auf dem Boden der damaligen Auffassung der Zellmembran als einem aus Zellulose bestehenden Strukturelement.

Man hat in den Analysen also die Zellulose von den übrigen N-freien (nicht fettartigen Stoffen) — den sogenannten N-freien Extraktstoffen gegeschieden.

Die Frage über die Verdaulichkeit der Pflanzenzellen bewegte sich bis heute im Rahmen des Zellulosenachweises. Verdaulichkeit oder Nichtverdaulichkeit der letzteren wurde namentlich im Rahmen der Ernährung der Haustiere eingehend studiert, aber auch hinsichtlich der menschlichen Verdauungsmöglichkeiten nicht ganz vernachlässigt.

Es hatte sich sehr bald herausgestellt, daß Tiere mit entwickeltem Blinddarm zweifellos die Zellfaser stark anzugreifen vermögen, wie sich zeigte, wesentlich durch bakterielle Einwirkung, während bei Organismen mit einfach gebautem Darm die Verwertung sicherlich nur eine untergeordnete Rolle spielte.

Für die nachfolgenden Untersuchungen muß ich bei der Zellulosefrage etwas ausführlicher verweilen. Die Trennung der Zellulose von den vielen anderen pflanzlichen Zellstoffen läßt sich nicht durch sehr schwache chemische Eingriffe vollziehen.

Die Beseitigung des Stärkemehls erfordert Säuren oder Alkali oder oxydierende Mittel, von denen heute bekannt ist, daß sie jedenfalls nicht die pflanzliche Zellwand, sondern nur einen Teil derselben analytisch feststellen lassen. Indem man darauf ausgeht, die echte Zellulose zu bestimmen, werden eine Reihe anderer mit der Zellwand in Verbindung stehenden Substanzen geopfert, ja die Eingriffe sind meist derart, daß sicher auch die echte Zellulose mit angegriffen wird. Das Ziel, reine chemische Individuen zu erhalten, ist trotzdem nicht erreicht, weil der Zellinhalt sich gewiß nicht in allen Fällen aus den Zellen auslaugen läßt, sondern in letzteren eingeschlossen bleibt, wenn nicht die mechanische Zertrümmerung eine sehr weitgehende, in vielen Fällen gar nicht zu erreichende Grenze überschreitet.

Am häufigsten verwandt wurde zu Untersuchungen die Weender-Methode. „Weender"-Rohfaser ist aber weder ein einheitlicher chemischer Begriff, sie ist auch nicht einmal ein aliquoter Teil der Zellmembranen überhaupt. Sie ist auch keine reine Zellulose.

Sie sagt also, insoweit ihre Resorptionsverhältnisse verfolgt werden, nichts über die Pflanzenmembranen selbst aus. Historisch aber müssen

wir zunächst das betracheten, was sich aus den Experimenten in dieser Richtung ergeben hat.

Ein Aufgreifen der Bedeutung der Holzfaser in der Ernährung des Menschen fand zunächst durch Franz Hoffmann statt, der in orientierenden Versuchen die Benachteiligung der normalen Verdauung leicht resorbierbarer Nahrungsmittel durch Beimengung von zerkleinertem Stroh zeigte.

Späterhin hat Weiske[1] an zwei Personen mit Gemüsen Ausnutzungsversuche angestellt. An 3 Tagen wurden 417 und 353 g Trockensubstanz (Möhren, Sellerie, Kohl) verzehrt, also pro Tag 139 bis 118 g Trockensubstanz. Die entleerte Kotmenge betrug 199·6 bis 138·7, woraus sich ergibt, daß die Abgrenzung offenbar eine so unsichere war, so daß eine Menge Kotes, die gar nicht auf die Fütterungsperiode traf, mit verwendet worden war. In dem einen Fall wurden 63, im anderen 47 Prozent der Zellulose nicht mehr aufgefunden, also verdaut, wie Weiske annimmt. Die Versuche können aber nicht wohl als beweisende und entscheidende gelten.

Die nähere Bedeutung, welche die Zellulose überhaupt für die Verwertung der in Zellen eingeschlossenen Nährstoffe hat, wurde von mir[2] an dem Kleiegehalt der Brotmehle eingehend geschildert, wobei ich an den aus der Fäces wieder dargestellten Hülsen zeigen konnte, daß diese einer Verdauung nicht oder sehr beschränkt unterliegen, sondern die Kleberstoffe in unverletzten Zellen unverändert eingeschlossen zeigen. Daraus ergab sich auch die große Bedeutung der Zellzertrümmerung für die Resorption. Unterschiede in der Verdaulichkeit der Zellulosen verschiedener Herkunft waren schon aus Tierversuchen bekannt.

Eine eingehende Untersuchung über die Verdaulichkeit der Zellulose verschiedener Herkunft beim Menschen hat zuerst Knieriem mitgeteilt.[3] Die Rohfaserbestimmungen sind nach der Weender-Methode ausgeführt worden. Von der Holzfaser, welche die Schwarzwurzel enthält, als Repräsentanten der verholzten Faser wurden nur 4·4 Prozent, von der zarteren Rohfaser des Salates wurden aber 25·2 Prozent verdaut. Selbst für diesen letzten Fall findet also Knieriem nur eine mäßige Verdaulichkeit.

Über die Natur dieser verschiedenartigen Zellulose ließ sich zu der Zeit, als Knieriem seine Versuche anstellte, wenig aussagen; einigermaßen suchte er sich durch Elementaranalyse der Rohfaserarten zu unterrichten, ohne daß es aber ein entscheidendes Urteil zu fällen gelang.

---

[1] *Zeitschrift für Biologie.* 1870. Bd. VI. S. 456.
[2] *Ebenda.* 1883. Bd. XIX. S. 45.
[3] *Ebenda.* 1885. Bd. XXI. S. 67.

Es ist zur Zeit unbekannt, inwieweit und in welcher Art die Zellulose der Salate und der Schwarzwurzel verschieden sind. Es wäre ebensogut möglich, daß aus dem Stoffgemenge, welche die Weender-Methode zusammenfaßt, bei Salat ein Teil zur Resorption gelangt ist, der nach unseren heutigen Begriffen gar nicht echte Zellulose war, sondern etwa Hemizellulosen oder dgl.

Ich kann hier auch an die Angaben W. Hoffmeisters erinnern, über die ungleiche Resorbierbarkeit der mit Kali extrahierten Teile der Zellulose, aus denen eine zweifellose Ungleichwertigkeit der Zellulose hervorgeht, die nach meinen Untersuchungen hauptsächlich die Pentosen betrifft.

Würde man auch eine ganz ideale „Zellulosebestimmung" zu verwenden in der Lage sein, so würde man zunächst wohl nur einen kleinen Teil der Zellmembranstoffe in ihrer Verdaulichkeit zu verfolgen in der Lage sein, während die Veränderungen des weitaus größten Teiles der Stoffe im Verhalten unerkannt bliebe.

Tatsächlich vermag man also aus den Zelluloseanalysen über das Verhalten der Zellmembranen im allgemeinen nichts auszusagen.

Da bietet gewissermaßen das Birkenholz, noch dazu ein Material, das so arm an Nährstoffen ist, wie das mir vorliegende, gerade ein willkommenes Material — ein Zellmaterial, dessen Veränderung durch die Resorption wenn möglich einen wertvollen Einblick in die Auflösung solcher, wenn auch verholzter Massen bieten könnte.

Das Widersinnige einer Holzverfütterung liegt zunächst in der physikalischen Beschaffenheit, der Festigkeit des Holzes, das an sich ja unkaubar erscheint. Gewiß setzen manche Holzsorten der Zerkleinerung endlose Schwierigkeiten entgegen. Bei Koniferenholz habe ich selbst nach achttägiger Behandlung in der Kugelmühle keine Veränderung nachweisen können, die es als Objekt zu Fütterungszwecken tauglich gemacht hätte. Anders bei der Birke, über deren Zerkleinerungsmöglichkeit ich bereits das Nähere angegeben habe.[1]

Das Material erscheint also an sich genügend brauchbar, aber die weitere Voraussetzung einer Ausführung eines Resorptionsversuches wird damit zu Wasser, daß man kein Mittel kennt, um dieses Material wieder aus dem Kote unverändert abzuscheiden. Differente Lösungsmittel darf man nicht anwenden, und auf anderem Wege scheint es unmöglich, zu einer Trennung von den Kotbestandteilen zu kommen. Nach mancherlei vergeblichen Vorversuchen ist es mir gelungen die Schwierigkeiten so zu überwinden, daß man sagen kann, die Methodik ist brauchbar.

---

[1] *Dies Archiv.* 1915. Physiol. Abtlg. S. 74.

Die Birkenholzmasse kann natürlich nicht für sich allein gefüttert werden; wenn man ein Experiment an einem Tiere ausführen will, sollen die Darmverhältnisse dem Menschen tunlichst nahekommen. Brauchbar ist als Versuchstier der Hund. Das „Birkenmehl“ muß dabei als Zugabe zu einem anderen Futter verabreicht werden, dazu eignet sich vor allem das Fleisch, weil dieses ja nach unserer Erfahrung vortrefflich ausgenutzt wird — genau so wie beim Menschen — und sehr wenig Kotrückstand überhaupt liefert.

Die Lösung der Fleischkotbestandteile läßt sich in folgender Weise vornehmen. Der frische oder trockene Kot wird mit etwas konzentrierter Salzsäure versetzt (der trockene Kot wird vorher mit Wasser durchfeuchtet), dann rührt man 5 Minuten durch und setzt dann starken Alkohol zu, erwärmt, gießt ab, gibt erneut Alkohol auf bis zur Erschöpfung der Farbe. Dann wäscht man mit Aceton und Äther aus und trocknet. Mitunter hat man damit schon $^6/_{10}$ des Kotes gelöst, der Rest wird mit gesättigter Chloralhydratlösung (warm) behandelt, dann durch ein weiches Filter filtriert — wobei von 4 bis 5 g trockenem Kot 20 bis 25 mg zurückbleiben, was meist ganz vernachlässigt werden kann. Mischt man Birkenmehl zu Fleischkost, so kann man es auf diese Weise wieder herausbekommen und unverändert abscheiden, denn Chloralhydrat löst von Holz so gut wie nichts auf, auch die Diastase hat keine Wirkung.

Um festzustellen, ob nicht Extrahieren des Kotes mit ClH-Alkohol Pentosen aus dem Birkenmehl extrahiert, d. h. Pentosane gespalten werden, wurden je 2 g lufttrocknes Birkenmehl teils nur (A) mit absolutem Alkohol extrahiert, dann getrocknet und gewogen, teils steigende Mengen konzentrierter Säure auf das Birkenmehl gebracht (B = 1 ccm C = 2 ccm D = 4 ccm E = 8 ccm) und dann sofort mit Wasser befeuchtet, dann Alkohol zugegeben oder (F) zuerst Wasser, dann (8 ccm) ClH beigemischt und im übrigen verfahren wie oben. Die ClH färbt das Holz momentan leicht gelb, das Alkoholextrakt nimmt auch ohne ClH eine leicht gelbe Farbe an, die getrockneten Präparate haben bei ClH-Zugabe eine leichte Rosafärbung. Die getrockneten Präparate werden verascht. Es wurden folgende Mengen organischer Trockensubstanz gefunden:

A	1·669	D	1·649
B	1·663	E	1·650
C	1·658	F	1·659.

Die Unterschiede in den Gewichten sind minimal, bei der Ausführung der Methode wurde so verfahren, daß zuerst der Kot befeuchtet und dann mit mäßigen Mengen ClH, welche geringer waren als die in obigen Versuchen angewandten, versetzt wurde. Es könnte also maximal höchstens ein

Gewichtsunterschied von 0·5 Prozent angenommen werden, der bei dem hohen Pentosengehalt, selbst wenn es sich tatsächlich in Lösung von Pentosanen durch Säuren gehandelt haben sollte, nicht in Betracht kommt.

Im Kote des Menschen und der Tiere sind eine nicht unerhebliche Menge von Bakterien enthalten. So hat Lissauer in meinem Laboratorium festgestellt, daß bei Menschen

bei gemischter Kost	8·67	Prozent
„ vegetabilischer Kost	10·49	„
„ animalischer Kost	4·26	„

des trocknen Kotes trockne Bakterienmasse sind.[1] Bei sehr reichlicher Fleichkost kommt 0·08 g N täglich auf diese Bakterienmasse. Bei gemischter Kost 0·33 g N. Bei der Darstellung der Zellulosehüllen aus Kot stört der Bakterienrückstand nicht, da derselbe in Chloralhydrat zur Auflösung kommt, woran man sich durch Eintragen von Bakterienreinkulturen in eine derartige Lösung überzeugen kann. Schon in der Kälte findet eine Auflösung statt, im Filtrat erhält man auf Ätherzusatz wieder durch Ausfällung die Bakterienmassen.

Durch die lösende Wirkung des Chloralhydrates erklärt sich auch, daß man den Fleischkot bis auf Spuren einer organischen Substanz zur Auflösung bringen kann.

Auf diesem Wege erhalten wir also die Zellsubstanz, so wie sie ist, wieder. Ihrer weiteren Untersuchung steht also kein Hindernis entgegen.

Die Untersuchung kann nach zwei Richtungen erfolgen:

a) hinsichtlich des Gehaltes an Zellulose,

b) hinsichtlich des Gehaltes an Pentosen, die im gegebenen Falle so reichlich im Birkenmehl enthalten sind.

Besonders die Resorption der Pentosen, die sich aus den Pentosanen des Holzes abspalten, muß von Interesse sein. Die Aufnahme von Pentosen aus den Futtermitteln ist schon bekannt, auch hat König und Reinhardt beim Menschen Ausnutzungsversuche mit dem Ziele, die Resorbierbarkeit der Pentosen festzustellen, ausgeführt. Es ist aber bei den bisherigen Versuchen nicht erwiesen, ob die resorbierten Pentosen in ihrer Gesamtheit aus Pentosanen herstammten oder ob nicht ein Teil bereits als lösliche, furfurolliefernde Substanzen in den Nahrungsmitteln vorhanden sind. Das Holz der Birke enthielt jedenfalls keinerlei in Wasser lösliche Pentosen.

Schließlich sind ja die Pentosen, wie man weiß, doch nicht wertlose Substanzen für den Körper, sondern durch ihre Beziehungen zu manchen

---

[1] *Archiv für Hygiene.* 1906. Bd. LVIII. S. 145.

Nucleinsäuren Verbindungen von bestimmtem Werte. Indem man so die Pentosefrage als allgemein aus der Frage der Zelluloseverdauung heraushebt, betritt man ein Gebiet, das besser und eindeutiger zu lösen ist als dieses letztere.

Indem man diese Pentosefrage für sich behandelt, hat man den Vorteil, daß man es mit einem an sich gut bestimmbaren Anteil der pflanzlichen Zellwand zu tun hat, nicht mit einem so unbestimmten Gemenge, wie es die meist untersuchten Rohfasern gewesen sind.

Die Pentosane werden in ihrer Verdaulichkeit nicht einheitlicher Natur sein, da sie ja nach den Untersuchungen der Pflanzenphysiologie in verschiedener Weise mit den Zellulosen verbunden sein können. Insoweit dieselben z. B. als Auskleidung mancher Pflanzenzellen erscheinen, als Zelleinschlüsse betrachtet werden müssen, wird ihre Resorption mitunter aus mechanischen Gründen denselben Schwierigkeiten unterliegen, wie die Resorption der in Zellen eingeschlossenen Stärke oder jene des Klebers.

Nach den bisherigen Anschauungen soll die Resorption der „Zellulose“ auf dem Wege der bakteriellen Vergärung entstehen, wie sich ein solcher Prozeß in dem komplexeren System der pflanzlichen Zellhaut abspielt, ist nicht bekannt.

Es ist bisher eines Umstandes, der doch sehr nahe liegt, nicht gedacht worden, nämlich der Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit, daß nicht in jedem Kote, der Zellmembranen pflanzlicher Natur enthält, auch die Zellulosegärung in gleichem Grade stattfinden wird. Man muß damit rechnen, daß je nach der gesamten Nahrungsmischung die Bedingungen für das Bakterienwachstum sicherlich nicht dieselben sein werden. Auch weiß man nicht, ob für die Auflösung der zellulosehaltigen Membranen nur eine Bakterienspezies in Frage kommt oder ob eine solche Einwirkung eine Nebenwirkung verschiedener Bakterienspezies ist, die sich im Kote finden. Die Bakterienflora ist wechselnd, also könnte sich es möglicherweise auch so verhalten, daß dieselben pflanzlichen Zellen je nach der Beikost, mit der sie im Darme zusammenkommen, auch in verschiedenem Grade resorbiert werden. Manche Beobachtung weist auf solche mehr zufällige Begleiterscheinungen hin.

Im Kote sind manchmal die bakteriellen Zersetzungen sehr rasch abgeschlossen. So habe ich im Kote von Säuglingen, die an der Brust liegen, beobachtet, daß jede Wärmeproduktion fehlt, auch wenn man das Material bei 37° einer Nachgärung unterzieht. Andere Nahrung bedingt auch andere Verhältnisse, Säuglingskot nach Kuhmilchnahrung ließ die Nachgärung deutlich erkennen. Kotsorten mit reichlich organischen Speiseresten lassen stets Wärmebildung, d. h. Bakterienleben erkennen.[1]

[1] *Archiv für Hygiene.* 1906. Bd. LVII. S. 230.

Ich habe Menschenkot von gemischter Kost in zwei Portionen geteilt, in der einen sofort die Zellulose bestimmt, in der anderen, nachdem der Kot in seiner ursprünglichen Beschaffenheit 3 Tage bei 37° gestanden hatte. Es trat eine Verminderung des Zellulosegehaltes um 16 Prozent ein.

Damit zeigt sich also mit großer Wahrscheinlichkeit, daß bakterielle Ursachen für die Zerlegung pflanzlicher Zellreste in Frage kommen. Welche Fermente dabei ausgeschieden werden, ist bisher nicht festgestellt worden.

Man wird also in Zukunft auf die Art der neben dem pflanzlichen Material vorhandenen anderen Nahrungsmittel zu achten haben, um etwaige Beziehungen zu dem Akte der Zelluloselösung aufzufinden.

Für die Technik der Versuchsanordnung ist noch folgendes in Betracht zu ziehen.

Bei den Versuchen über Resorption von Zellulose aus Vegetabilien oder bei Zusatz rein hergestellter Präparate ist zu beachten, daß die Ergebnisse durch zwei nicht zu übersehende Umstände beeinflußt werden können.

Der eine von ihnen beruht darin, daß man im gewohnten Rahmen der üblichen gemischten Kost überhaupt an Zellulose nur wenig aufnimmt. Dann aber hat sich mir gelegentlich von Experimenten die Überzeugung aufgedrängt, daß die Ausscheidung fein gepulverter Pflanzenfasern oder natürlich vorkommender kleiner unlöslicher Pflanzenteile sehr verzögert werden kann. In einzelnen Fällen fand ich länger als 8 Tage ein Zurückhalten bestimmter Pflanzenteile, die, von einer früheren Ernährungsperiode herrührend, täglich in kleinen Quantitäten im Kote erschienen. Man müßte also darauf achten, ob das allgemein vorkommt, bei einiger Überlegung wird man zu dem Gedanken geführt, als blieben Teilchen bestimmter Kleinheit an der Darmwanduug und zwischen den Zotten hängen. Sie werden, wenn man nur wenig Material, deren Resorption geprüft werden soll, verabreicht, leicht eine „Aufnahme" vortäuschen können, so daß man also zwischen der Forderung langer Versuchsreihen oder kürzeren mit reichlichem Zellulosegehalt schwanken wird.

Der Menschendarm scheint sich in dieser Hinsicht etwas anders als der Hundedarm zu verhalten. Ich habe bei Hunden, welche vorher fein zerteilte Zellulose erhalten hatten, zur Abgrenzung Knochen gegeben, von dem Knochenkot wurden nur die Teile, welche unmittelbar den vorhergehenden Fütterungskot anschlossen, entfernt, von den drei weiter folgenden Tagen der gesamte Tageskot vermischt und auf Zellulose verarbeitet, ohne daß sich auch nur Spuren der letzteren haben auffinden lassen. Der Knochenkot scheint also eine gründliche mechanische Reinigung des Darmes zu bewirken.

Die Ausscheidung von Pentosen bei Fleischfütterung.

Den eigentlichen Experimenten schickte ich eine Versuchsreihe mit Fleisch voraus, um annähernd über die Größe der Pentosenausscheidung im Kote unterrichtet zu sein, weil von diesem Umstand die Dosierung des Birkenholzpräparates abhing. Denn es sollte so viel von letzterem gereicht werden, daß daneben die Pentosenausscheidung bei Fleischfütterung nicht wesentlich in Betracht kam.

Im Fleisch finden sich nur sehr wenig Pentosen, der Muskel enthält nach einer vorliegenden Untersuchung (0·11 % Xylose =) 0·123 % Pentosen; nach meiner Bestimmung fanden sich im Rindfleisch 0·45 % „Pentosen". Kot nach Fleischfütterung gab für die Trockensubstanz berechnet 1·48 Pentosen (1·88 g auf organische Substanz). Von diesen steckt die Hauptmasse in dem in Alkohol unlöslichen Anteil des Kotes, nämlich 1·04 g, der Rest geht also in den Alkohol über. Das Tier hatte im Tag 1000 g Rinddfleisch erhalten, wobei man die tägliche Kotmenge bei der Größe des Tieres (21 Kilo) auf rund 13 g nach anderen Beobachtungen schätzen könnte, so daß rund 0·192 g Pentosen zur Ausscheidung kämen, während 1000 g Fleisch 4·5 g Pentosen enthalten. Aus dieser Schätzung ergibt sich die Resorption eines wesentlichen Teiles der gefütterten Pentosen.

Für die vorliegende Untersuchung kommt die tägliche absolute Ausscheidung der Pentosen in Betracht = 0·192 g; diese Menge ist sicherlich gegenüber dem Reichtum pflanzlicher Nahrungsmittel, speziell des Birkenmehles an Pentosen so gering, daß die vermehrte Ausscheidung unter dem Einfluß der vegetabilischen Kost leicht und sicher zu bestimmen sein wird.

Fütterungsversuche ab 23. Juni 1915.[1]

Diese zerfallen in drei Perioden, zu je drei Tagen. Vor und nach einer solchen werden Knochen zur Abgrenzung gegeben, am Schluß folgten 4 Knochentage. In der ersten Periode wurde nur gehacktes Fleisch, in der zweiten und dritten dieselbe Fleischmenge (1000 g) unter Zusatz des Birkenholzpräparates gegeben.

Der zu den Versuchen verwendete Hund wog 21·2 kg, nach den von mir festgestellten Konstanten für die Oberfläche und dem mittleren Energieverbrauch des Hundes bei 15° Lufttemperatur ließ sich der Nahrungsverbrauch pro Tag auf 997·74 kg-Kal. berechnen. Ich verabreichte dem Hunde 1000 g mageres Fleisch, das im Mittel 3·46 Prozent N enthält[2] und

[1] Die nachfolgenden Ergebnisse wurden in der Sitzung vom 29. Juli 1915 der kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften vorgelegt.

[2] *Gesetze des Energieverbrauchs.* S. 20.

1·13 Prozent Ätherextrakt (mit 8·7 kg-Kal. pro 1 g s. C. c. S. 24), in Summe also 997 kg-Kal., was gerade dem Bedarf entspricht. Dazu kamen dann die entsprechenden Zusätze (Birkenmehl oder mit Kali extrahiertes Birkenholz) in einer Menge, die annähernd $^1/_{10}$ des täglichen Kalorienumsatzes entsprach.

Die Präparate sind schon früher eingehend geschildert worden; es war zunächst für Reihe I Birkenholzmehl, an der Sonne getrocknet, und für Reihe II Birkenholzmehl, das durch Behandeln mit 5 Prozent Kalilauge in der Kälte eines großen Teiles seiner Pentosen oder richtiger gesagt der „Hemi"verbindungen beraubt war, verwendet worden. Dadurch sollten bei gleicher Grundsubstanz — (die eigentliche Zellulose) zwei Substanzen mit ungleichen Mengen „leicht verdaulicher" Zellulose verglichen werden.

Der Versuch würde also in gewissem Sinne das Experiment wiederholen, das W. Hoffmeister mit zwei Zellulosepräparaten angestellt hat, von denen er dem einen durch Kalilauge einen Teil, wie er sich damals ohne Kenntnis des Pentosegehaltes seines Präparates ausdrückte — den verdaulichen Teil entzogen hatte.

Berechnung der Zufuhr.

In 25 g Birkenmehl sind:
- 22·6 g Trockensubstanz,
- 0·08 g N,
- 0·50 g Rohprotein,
- 0·09 g Rohfett,
- 1·871 g Asche,
- 8·81 asche- und pentosanfreie Zellulose,
- 7·31 g Pentose,
- 20·75 organ. Substanz.

In 19·4 g mit Kali extrahiertem Birkenmehl:
- 0·02 g N,
- 0·17 g Rohprotein,
- — Rohfett,
- 1·08 g Asche,
- 8·78 g Asche und pentosanfreie Zellulose,
- 3·33 Pentosen,
- 18·3 organ. Trockensubstanz.

Das Futter wurde dem Tiere mit den beiden Präparaten gemischt verabreicht. Bei einer Futtermenge, wie die angegebene, konnte ich erwarten, soviel Kot in einer je dreitägigen Periode zu erhalten, um alle in Aussicht genommenen Fragen analytisch ausführen zu können.

Nach diesem Plane entstanden folgende drei Reihen:

I. Eine dreitägige Fleischperiode, der ein Knochentag vorausging. Der Hund bleibt im Stoffwechselkäfig, damit er keine Gelegenheit hat, Gras

oder Strohteile aufzunehmen. Dieser Reihe war schon eine Fleischperiode vorangegangen, deren Kot zu einigen Vorstudien gedient hatte. Der Darm des Tieres war also sicher frei von jeglicher Spur pflanzlicher Nahrung bzw. zufälliger Beimengung solcher.

II. Nach einer 24 stündigen Fütterung einer reichlichen Knochenmenge kam die I. Versuchsreihe mit Birkenmehl (3 Tage), nach einem weiteren Knochentag die

III. dreitägige Fütterung mit dem mit Kali extrahierten Präparat, darauf eine viertägige Periode mit Knochenfütterung, letzteres zu dem Zwecke, um ein für allemal festzustellen, ob im Knochenkot etwa noch Reste von Birkenholz enthalten sind; die Abgrenzung war ganz scharf.

An diesen 4 Knochentagen wurden jeden Tag die Ausscheidungen für sich gesammelt, gepulvert, darin eine Zellulosebestimmung nach Hoffmeister gemacht. Der Kot löst sich beim Stehen mit chlorsaurem Kali und Salzsäure (1050 spez. Gew.) auf, wie jede andere Substanz, liefert eine goldgelbe Flüssigkeit und einigen Rückstand, in kochendem Wasser aufgenommen und mit NH_3 versetzt, entstand eine Spur einer Trübung, die unfiltrierbar, wohl aber zentrifugierbar war. Das Sediment bestand aus Phosphaten, gab aber keinerlei Zellulose und Pentosereaktion..

Bei meinem Versuchstier fand also keine Zurückhaltung von Zellulose, d. h. Birkenmehl, im Darm statt, eine eintägige Knochenfütterung reichte zu sicherer Abgrenzung aus.

Jede Kotentleerung wurde für sich frisch gewogen, dann getrocknet, nach dem Trocknen gepulvert und durch ein feines Sieb getrieben, wobei manchmal kleine Reste von Haaren untermischt mit Teilen der gefütterten Substanz zurückblieben, die offenbar erst durch das Stoßen und Reiben fest aneinander gepreßt wurden. Diese Reste wurden für sich gewogen und analysiert.

I. Versuch mit reiner Fleischfütterung.

1000 g Fleisch pro Tag.

Abgegeben: 47·35 g trockener Kot = 15·47 g pro Tag.

Aschegehalt 34·21 Prozent, also 31·15 g organische Substanz, im ganzen = 10·38 g Organisches im Tag.

N-Gehalt der Trockensubstanz = 6·95 Prozent = 3·29 g im ganzen = 1·096 g pro Tag.

Verbrennungswärme = 4·292 Kal. pro 1 g = 203·22 Kal. = 67·74 Kal. pro Tag.

Pentosen: 0·82 Prozent der Trockensubstanz (die Hälfte des Furfurolphloroglucids bestand aus Methylpentosen) = 0·388 g pro 3 Tage = 0·129 g pro Tag.

Allgemeine Verhältnisse der Ausscheidungen.

II. Versuch. 1000 g Fleisch + 25 g Birkenholzmehl.

Die Beimengung von 25 g Birkenholzmehl wurde von dem Tier nicht empfunden, von entleertem Kot wurde jede Portion für sich frisch gewogen, dann bei 100° getrocknet und außerdem dann alle Kotproben in der Reibschale zerrieben und gesiebt. Im Kote zeigte sich keine gasige Gärung. Auffallend konnte zunächst der erhebliche Trockengehalt des Kotes sein, im Mittel wurden 226 g frisch ausgeschieden, 74·2 g trocken, = 32·8 Prozent Trockensubstanz. Eine Erklärung findet sich aber darin, daß dem Kote die Reste der nicht resorbierten Birkensubstanz beigemengt waren, die an sich fast waserfrei ist. Jedenfallls fand keine Reizung des Darmes und keine Ausscheidung eines wässerigen Kotes statt. Der Kot enthielt 17·9 Prozent Asche der Trockensubstanz, für 74·2 g Kot 13·28 g = 4·43 g Asche pro Tag.

Die Menge des täglich ausgeschiedenen trockenen Kotes betrug 24·73 g, der organische Anteil 20·30 g, bei Fleischfütterung allein nur 10·38 g, somit mehr täglich bei Birkenholzzugabe 10·18 g, während die verfütterte Menge 20·75 g organischer Substanz entsprach. Das allgemeine Resultat: von dem Birkenholzmehl ist ein nicht unbeträchtlicher Teil resorbiert worden, steht somit fest.

Die Pentosenbestimmung ergab folgendes:

Der fein gesiebte Teil enthielt	18·05	Prozent Pentosen
der unsiebbare „ „	13·85	„ „
Pro Tag wurden ausgeschieden:		
Im gesiebten Anteil	3·821	g Pentosen
im ungesiebten Teil	0·563	„ „
Summe:	4·384	g Pentosen

Der Petosengehalt der täglichen Ausscheidungen ist also sehr bedeutend gegenüber dem Versuch mit reinem Fleisch.

Die Summe der Pentosen im Kot betrug pro Tag .	4·384 g
davon können aus Fleisch herrühren	0·129 „
somit stammen im Kot aus Birkenmehl	4·155 g
In der Einnahme waren (Birkenholz)	7·31 g pro Tag
im Birkenholzgehalt des Kotes sind	4·15 „
also resorbiert	3·16 g

In Prozenten sind somit 43·23 Prozent oder ohne die Korrektur für Fleischkot 40·08 Prozent der Pentosen resorbierbar gewesen.

Die Resorption ist demnach recht bemerkenswert, zumal man doch bei der verholzten Substanz gewisse Schwierigkeiten der Aufnahme voraus-

setzen durfte. Durch welche Mittel die Pentosane in Pentosen umgewandelt und gelöst werden, ist nicht bekannt. In Kontrollversuchen lösten weder Malzdiastase noch Pankreasdiastase nennenswerte Mengen des Birkenholzmehles. Somit bleibt nur die Vermutung einer bakteriellen oder spezifischen fermentativen Einwirkung oder beides.

Auf die Resorption der Pentosen allein kann der erhebliche Verlust der organischen Substanz, was ich durch die Gegenüberstellung des Kotes nach Fleischfütterung und Fleisch und Birkenmehlfütterung erwiesen habe, nicht zurückgeführt werden.

Der N-Gehalt des Kotes war im Durchschnitt 3·292 Prozent, so daß auf die ganze Reihe 2·42 g N oder auf den Tag 0·801 g N trafen.

Die Verbrennungswärme des Kotes betrug 4·035 Kal. pro 1 g bei 17·9 Prozent Asche. 4·915 Kal. pro 1 g organisch.

Im ganzen kamen im Kot zu Verlust . . .	299·43 Kal.
oder für den Tag	99·81 „

III. Versuch.

1000 g Fleisch + 20 g mit Kali extrahiertes Birkenholzmehl.

Das zur Fütterung benutzte Präparat war nicht so feinflockig und locker wie das Birkenholzmehl, das selbst dem getrockneten Kote das lockere Gefüge als charakteristisches Merkmal aufgeprägt hatte. Trotzdem war es sehr fein gemahlen. Auch dieses Präparat störte die Verdauungsvorgänge in keiner Weise. Der Kot ähnelt im frischen Zustande sehr dem des vorigen Versuches.

Auch hier war der Kot sehr trocken und besaß im Mittel 39·1 Prozent Trockensubstanz, die Gesamtmenge des trockenen Kotes (gesiebter und unsiebbarer Teil) betrug 79·54 g, der Aschegehalt war 26·57 bis 23·76 Prozent im gesiebten und ungesiebten Teil, so daß 58·95 g organische Teile als Ausscheidung zu berechnen sind.

	19·65 g organische Kotmenge pro Tag,
bei Fleischfütterung	10·38 g organische Substanz,
also treffen	9·37 g auf den Zusatz des Birkenholzpräparates.

Gefüttert wurden an organischer Substanz täglich 18·3 g der letzteren. Aus der Gegenüberstellung der Kotvermehrung bei Fütterung des Birkenholzpräparates mit diesem selbst zeigte sich wieder, wie im vorigen Versuch, daß auch von diesem Material, dem durch 5 Prozent Kali sehr große Mengen der Pentosen entzogen waren, ein Teil resorbiert worden war, wie schon ein oberflächlicher Vergleich mit dem vorigen Versuch II erweist, kaum sehr viel weniger, was den Schluß rechtferigtt, daß das pentosearme Präparat die Resorbierbarkeit nicht eingebüßt hat. Nach W. Hoffmeisters Angaben hätte man aber wohl einen wesentlichen Unterschied erwarten sollen.

Die Pentosenuntersuchung ergab folgendes Resultat:

Der gesiebte Kotanteil enthielt	6·92 Proz. Pentosen,
der unsiebbare Kotanteil enthielt . . .	6·56 „ „

worunter viel Methylverbindungen.

n absoluter Zahl wurden abgegeben pro Tag:

Im gesiebten Teil	1·430 g Pentose
im unsiebbaren Teil	0·544 ,, ,,
	1·884 g Pentose

Es waren also im Kot	1·884 g Pentose
davon stammen aus Fleisch	0·129 ,, ,,
also aus dem Birkenpräparat	1·755 g Pentose.

Dieses selbst enthielt	3·33 g
ab für den Kot	1·75 ,,
also resorbiert	1·58 g

Auch hier ist also noch Pentose resorbiert worden, allerdings weniger als im Versuch II, wo 3·94 g täglich aufgenommen wurden, aber die Auflösung der Pentose hat hier weiter um sich gegriffen, wie im Versuch II, denn dort sind noch 4·15 g Pentosen unresorbiert geblieben, hier im Versuch III waren aber von Anfang an die Pentosen durch die Vorbehandlung mit Kali so weit entfernt, daß überhaupt nur 3·33 g Pentosen in der Nahrung waren. Dies verträgt sich nicht mit der Vorstellung, daß die Präparate in Versuch II uud III Pentosen spezifisch verschiedene Verdaulichkeit besaßen. Das relative Verhältnis der Resorption der Pentosen war hier 43·23 Prozent, d. h. kaum different vom Ergebnis bei Versuch II (48·7 Prozent).

Der N-Gehalt des Kotes von Versuch III war 3·74 Prozent der Trockensubstanz, woraus sich für die Verusuchsreihe 2·977 g N berechnen, = 0·992 g N pro Tag.

Die Verbrennungswärme des Kotes war pro 1 g Trockensubstanz 3·612 Kal. = 4·919 Kal. pro 1 g organisch. Dieser Wert stimmt mit dem des Versuches II (4·915 Kal.) vollkommen überein.

Pro Periode wurden abgegeben	287·30 Kal.
oder pro Tag	95·73 ,,

Isolierung und Analyse der Zellmembranen.

Ich habe schon eingehend erwähnt, daß es meine Absicht war, die verfütterten Substanzen, soweit sie sich unverändert im Kote befinden, wieder darzustellen. Das Verfahren habe ich schon beschrieben. Es war in den vorliegenden Versuchsreihen nicht schwierig auszuführen und lieferte die Substanzen mit allen ihren äußeren Eigenschaften so, als wären sie gar nicht

durch den Darmkanal hindurchgegangen. Es wurde sowohl der gesiebte Teil, wie der unsiebbare für sich behandelt.[1]

Die Summe der Zellmembranen war:

Versuch II im siebbaren	35·40 g
im unsiebbaren	8·04 „
	= 43·44 g

Trockensubstanz pro Tag = 14·48 g organisch.

Versuch III im siebbaren	27·65 g
im unsiebbaren	11·75 „
	= 39·40 g

Trockensubstanz pro Tag = 12·83 g organisch.

In Versuch II waren verabreicht worden täglich
20·75 g organische Substanz als Birkenholzmehl,
„ „ III 18·3 g mit Kali extrahierte Substanz,
somit sind von den Zellmembranen resorbiert bzw. aufgelöst

bei Versuch II	30·21 Prozent
„ „ III	30·05 „

Demnach sind die beiden gefütterten Präparate, wie das schon die ersten Überlegungen über die Kotausscheidung zeigten, abgebaut worden.

Die Untersuchung auf Pentosen zeigte folgendes:

In den Zellhüllen von Versuch II, also dem Rest des der Verdauung unterworfenen Birkenholzmehles, waren 26·42 Prozent Pentosen; er ist also nicht mehr in seiner Zusammensetzung identisch mit dem gefütterten Material, das ja 32·7 Prozent Pentose enthielt, es hat ein einseitiger Angriff insofern stattgefunden, als *relativ mehr Pentose aufgelöst* worden ist.

In den Zellhüllen Versuch III waren nur 12·53 Prozent Pentosen, die ursprüngliche Probe hatte 17·2 Prozent Pentose, so daß auch hier sich also dasselbe Resultat ergibt. Wenn auch im ganzen das gefütterte Material verdaut worden sein mag, so ist doch auch *sicher relativ mehr Pentose aufgelöst worden.*

---

[1] Die Einzelwerte sind:

Versuch II gesiebter Teil	57·43 Proz. Trockensubst.,	unsiebbarer 65·67 Proz. Zellmembran
Versuch III	44·67 „ „	„ 56·46 „ „

Bei Versuch II war der Aschegehalt 0·89 Prozent,
„ „ III „ „ „ 2·31 „

Man könnte sich nun vorstellen, daß die Loslösung der Pentosen aus den Pentosanen des Holzpräparates nicht sofort zur Resorption führt, daß vielmehr auch Pentosen außerhalb der Holzfasern vorkommen. Eine Beantwortung dieses Problemes über das Vorhandensein gelöster Pentosen ist im vorliegenden Falle leicht zu erbringen.

In den ausgeschiedenen Zellmembranen des Birkenholzpräparates waren:

Versuch II	3·812 g	Pentose
,, III	1·666 ,,	,,

Im Gesamtkot waren bei Versuch II	4·384 g Pentosen
in den Zellmembranen	3·812 ,, ,,
die Differenz	— 0·572 g Pentosen

Die in den Zellmembranen vorhandenen Pentosen umfassen nicht die Gesamtmasse der im Kot ausgeschiedenen; das Nächstliegende wäre auf die Pentosen in der Rechnung zurückzugreifen, die vom gefütterten Fleisch stammen, diese sind 0·12 g pro Tag. Sie erklären die Differenz nicht, es bleiben immer noch 0·443 g Pentosen, die in dem löslichen Teile des Kotes vorhanden sein müssen.

Ein entsprechendes Resultat ergibt sich auch für den Versuch III:

Der Gesamtkot enthält	1·884 g Pentosen
in den Zellmembranen	1·666 ,, ,,
die Differenz	0·218 g Pentosen

Auch in diesem Falle deckt den Pentosegehalt des Fleisches nicht die Pentosemenge, welche nicht von den Zellmembranen herrühren kann, doch ist hier die Differenz (0·218 — 0·129 = 0·089) kleiner als in Versuch II.

Über die Resorption der Zellulose.

Die aus dem Kot II. Versuch dargestellte Zellulose war schön weiß und enthielt 3·34 Prozent Asche. Auf Trockensubstanz berechnet, wurde folgendes gefunden: 24·53 Prozent (organ.) Zellulose, auf die Tagesausscheidung entfielen 6·07 g.

Die Zellulose war aber noch pentosenhaltig, sie enthielt 14·95 Prozent der direkt abgeschiedenen, noch aschehaltigen Zellulose, auf aschefrei gerechnet: 15·47 Prozent. Diese entsprechen an Pentosanen 13·64 Prozent als Gehalt der aschefreien Zellulose, also pentosanfreie Zellulose

24·53 Prozent
— 3·34 ,,
21·19 Prozent

für die dreitägige Reihe = 15·73 g Reinzellulose = 5·243 g pro Tag. Bei Versuch III wurde eine Zellulose mit 7·78 Prozent Asche erhalten, auf trockenen Kot berechnet 23·47 organ. Zellulose. Der Pentosengehalt war für das aschehaltige Präparat 11·55 Prozent = 12·52 Prozent auf aschefreie Substanz.

12·52 Pentosen sind = 11·04 Prozent Pentosane, demnach sind von 23·47 organ. Zellulose an Pentosanen abzuziehen 2·59 = 20·88 Prozent Gehalt des Kotes an Reinzellulose.

Demnach wurde ausgeschieden in 3 Tagen 16·61 Reinzellulose = 5·522 g Reinzellulose pro Tag.

In der Zufuhr von Versuch II waren pro Tag an aschefreier und pentosanfreier Zellulose enthalten:

	8·81 g
die Ausfuhr beträgt	5·24 ,,
	3·57 g

Es wurde also resorbiert: 40·52 Prozent.

In der Zufuhr von Versuch III waren pro Tag an asche- und pentosanfreier Zellulose vorhanden:

	8·78 g
die Ausfuhr betrug	5·52 ,,
	3·26 g

Es wurden also resorbiert 3·26 g oder in Prozenten 37·13.

In beiden Fällen lag genau dieselbe Zellulose vor, auch die täglich verfütterte Menge ist nur um wenig verschieden. Es ist nur ein kleiner Unterschied in der Resorptionsfähigkeit vorhanden.

In beiden Versuchen ist etwa nicht nur ein Teil der als Zellulose zusammengefaßten Substanzen, sondern sowohl von den Pentosanen wie auch von der Zellulose selbst verdaut worden, es ist das beachtenswert, da der Hundedarm gerade für die Aufnahme der Zellulose, wie der Darm des Menschen, keine günstigen Bedingungen bietet. Es ist mehr das Interesse an dem Resorptionsvorgang, das diese Zelluloseaufnahme bemerkenswert macht, als die absolute Menge der resorbierten Substanz, welche als Nahrungsmittel so verschwindend gering erscheint.

Eine Übersicht über die Resorption in beiden Versuchen ergibt folgendes:

In Prozenten wurden aufgenommen:

	von der Zellmembran überhaupt	von den Pentosen	von der Zellulose
Versuch II	30·2	43·2	40·5
,, III	30·0	47·4	37·1

Die Stickstoffausscheidung und der Kalorienverlust im Kote.

Die N-Ausscheidung im Kot betrug

bei reiner Fleischfütterung	1·093 pro Tag
„ Versuch II.	0·807 „ „
„ „ III.	0·993 „ „

Die Differenzen sind sehr klein, jedenfalls zeigen sie keine Steigerung der N-Ausscheidung während der Fütterungsperiode mit Birkenmehl und dem mit Kalilauge ausgezogenen Holzpräparat. Beide haben aber eine gewisse Menge N enthalten, die höchstwahrscheinlich unverändert — soweit die Zellmembranen nicht verdaut worden sind — in den Kot übergehen mußten. Doch fällt dieser Wert in die 2-Dezimale obiger Zahlen, kann also als unwesentlich außer Betracht bleiben. Jedenfalls ist vorläufig der Schluß sicher, daß keine Vermehrung von Stoffwechselprodukten, die als Muttersubstanz des Kot-N angesehen werden können, eingetreten ist. Eine weitere Klärung ergibt sich aber aus der nachfolgenden Betrachtung über die Verbrennungswärmen des Kotes.

Die Bestimmungen der Verbrennungswärme.

Das Birkenholz, wie es zu Versuch II verwendet wurde, gab pro 1 g Trockensubstanz 4·425 kg-Kal., das mit 5 Prozent Kali ausgezogene Holz 4·280 kg-Kal.

Da bei Versuch II pro Tag 22·6 g Trockensubstanz verabreicht wurde, so waren darin enthalten $22 \cdot 6 \times 4 \cdot 425 = 90 \cdot 0$ kg-Kal., in Versuch III $19 \cdot 4 \times 4 \cdot 28 = 83 \cdot 03$ kg-Kal.

Auf aschefreie Substanz berechnet für das ursprüngliche Präparat 4·822 kg-Kal., für das mit Kali behandelte 4·533 kg-Kal.

Die Verbrennungswärme ist in beiden Fällen etwas höher wie die der Zellulose, bedingt durch die Beimengung von Fetten, verholzenden Substanzen (deren Kohlenstoffgehalt wesentlich höher sein kann, als der der reinen Zellulose), kleine Mengen von Eiweißstoffen usw. Die Behandlung mit Kali verringert den Brennwert.

Für die Kotsorten fand sich folgendes:

Der Fleischkot liefert 4·292 kg-Kal. (pro 1 g organisch 6·524 kg-Kal.), was mit meinen früher ausgeführten Analysen (s. Ges. des Energieverbrauchs, S. 23) gut übereinstimmt.

Der Kot bei Zugabe von 22·6 g Birkenmehl gab 4·035 kg-Kal. pro 1 g Trockensubstanz (= 4·914 kg-Kal. pro 1 g organisch).

Der Kot bei Zugabe von 19·4 mit Kali behandelten Birkenmehles zu Fleisch pro 1 g Trockensubstanz 3·612 kg-Kal. (= 4·918 kg-Kal. pro 1 g organisch).

Ein Vergleich der Kalorienwerte im Kote ergibt folgendes:

	Bei Fleisch	bei Fleisch und Birkenmehl	bei Fleisch und Birkenmehl mit Kali behandelt
pro Tag Kalorien	67·74	99·81	95·73

Nimmt man an, daß die Zellmasse, wie sie aus dem Kote dargestellt wurde, etwa dieselbe Verbrennungswärme hat, wie die Zufuhr selbst, was nicht nennenswert von der Wahrheit abweichen wird, so entfallen auf die Zellmembranen 68·95 bzw. 58·16 kg-Kal., davon die obigen Werte abgezogen, bleiben 30·86 bzw. 37·57 kg-Kal. für die übrigen Kotbestandteile; es wäre aber zu erwarten gewesen, daß 67·7 kg-Kal. als Rest blieben, denn diese Größe entspricht dem „Fleischkot" der reinen Fleischtage, man hätte vermuten sollen, daß die Kotbildung aus Fleisch zum mindesten auch bei Birkenmehlfütterung gleichheitlich weiter geht.

Hieraus folgt unweigerlich die Tatsache, daß eine Änderung der Kotbildung aus Fleisch eingetreten sein muß, und zwar findet sich in beiden Fällen eine Verringerung der Kotbildung nach der Gesamtsumme der verbrennlichen Teile beurteilt, und zwar in beiden Versuchsreihen, die zueinander gewissermaßen im Verhältnis eines Kontrollversuches stehen.

Wie diese zustande kommt, ist aus dem vorliegenden Material nicht zu erweisen.

Das Ergebnis lehrt, daß man bei Untersuchungen über die Ausnützung durch die Beifügung der zu prüfenden Substanz zu einem vorher gewählten Normalfutter, hier Fleisch, auch auf eine Veränderung der Normalfutterausnutzung gefaßt sein muß, daß also die einfache Subtraktionsrechnung — Versuchsfutter — Normalfutter ein einwandfreies Resultat nicht ergibt.

Die zahlreichen Experimente, welche man also unter einfacher Beifütterung einer bestimmten Substanz zu einer sonst gleichartigen Diät angestellt hat, sind alle mit Vorsicht zu benützen, wenn man nicht analytische Mittel besitzt, um die Veränderung des Beifutters selbst quantitativ festzustellen.

Ist, wie die Versuche ergeben, eine Verminderung der normalen Kotbildung eingetreten, so hat diese aber nicht alle Kotbestandteile gleichmäßig betroffen, denn die Verbrennungswärme ging rund um die Hälfte zurück (auf 45 bis 55 Prozent), die N-Ausscheidung nur um 10 bis 26 Prozent, also weit weniger.

Die Zelluloseverdauung ist im allgemeinen heute noch ein auch für die landwirtschaftlichen Haustiere in den Einzelheiten eine sehr umstrittene Frage, deren definitive Klärung noch aussteht. Einen eingehenden literarischen Überblick gibt Lorisch.[1]

Was die Angabe über die Verdaulichkeit von Zellulose beim Hunde anlangt, so sprechen sich die veröffentlichten Versuche dafür aus, daß Rohfaser beim Fleischfresser überhaupt nicht verdaut werde. So Voit und Hofmann und weiter v. Knieriem[1], der Leinwand, Gras gefüttert hat. Meine Versuche zeigen, daß die oft gehörte Behauptung, der Fleischfresser könne Rohfaser nicht verdauen, unrichtig ist. Wenn der Nachweis der teilweisen Resorption des Holzmehles aus Birke erbracht ist, kann von der generellen Unfähigkeit des Hundedarmes für die Holzfaserresorption nicht die Rede sein. Wenn man die Anschauungen von Tappeiner und Zuntz hinsichtlich der Aufschließung der Holzfaser auf dem Wege der Sumpfgasgärung für richtig oder doch für die Lösung eines Teiles der Holzfaser für zutreffend hält, so muß man a priori auch zulassen, daß der Hund, bei dem Sumpfgasgärung im Darm beobachtet wird, auch in der Lage ist, Zellulose anzugreifen. Die Resultate meiner Versuche können also auch für die bakterielle Lösung der Zellulose mit verwertet werden. Je mehr sich aber diese Anschauung durchringt, um so wichtiger wird für die Löslichkeit der Zellulose — der Nährboden — für die Sumpfgasgärung oder ähnliche Vorgänge überhaupt. Es kommt für das Ergebnis also dann nicht nur darauf an, welche Zellulose man füttert, sondern auch darauf, in welches Nährgemenge man die gefütterte Zellulose versetzt, daher können die Ergebnisse mit derselben Substanz, die zu verschiedenen anderen Speisen zugesetzt wird, in der Zelluloseresorption schwanken, dann wäre das Studieren der Zelluloseausnützung durch Beigabe von Zellulosepräparaten und zellulosefühienden Nahrungsmitteln, wie das oft als selbstverständlich zulässig angenommen worden ist, keinswegs einwandfrei. Meine Versuche zeigen aber auch, daß eine gewisse qualitative Bevorzugung des pentosehaltigen Anteiles der gefütterten Pentose und ein Unterschied in der Ausnutzungsfähigkeit bei dem Präparate nicht zu verkennen ist. Daher wird auch in zweiter Linie an die Möglichkeit dem Tierkörper eigener Fermente gedacht werden können, die eine vorbereitende Tätigkeit oder einen spezifischen Angriff auf einzelne Teile des Stoffgemisches der pflanzlichen Zellmembran ausüben.

---

[1] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* 1906. Bd. XLVII. S. 219.

[2] *Zeitschrift für Biologie.* 1885. N. F. Bd. III.

Die Verdaulichkeit des Birkenholzes bei wechselnden Mengen der Zufuhr.

Von

Max Rubner.

In der vorhergehenden Untersuchung ist zum erstenmal für den Fleischfresser bewiesen, daß er mechanisch zerkleinerte Holzmasse in gewissen Mengen zu verdauen vermag und daß die bisher gemachte Annahme, die Zellulose sei für den Darm des Fleischfressers unangreifbar, unzutreffend ist.

Die Ergebnisse lassen weiter erkennen, daß die einzelnen Komponenten des Holzes, Pentosen und Zellulose vor allem, nicht in gleichem Maße angegriffen werden. Es hat den Anschein, als würden die Pentosane in relativ größerer Menge aufgenommen als die Zellulose. Wenn diese Tatsache sich bestätigen sollte, so wäre sie für die Vorstellungen, welche man sich über das Mittel, welche die Lösung bilden, nicht ohne Belang. Ein ausschließlich bakterieller Angriff auf die Zellmembranen unter Zerstörung der Zellulose würde einem gleichmäßigen Verhalten in der Verdauung der einzelnen Zellwandkomponenten wahrscheinlicher machen als das Gegenteil. Jedenfalls ist vorläufig die Notwendigkeit erwiesen, neben der Zellulose die weiteren Bestandteile des Holzes und ähnlicher Stoffe für sich mit in Betracht zu ziehen und der analytische Weg hierfür gangbar gemacht.

Eine weitere Feststellung der Resorptionsverhältnisse schien mir bei den eben angedeuteten Verhältnissen unbedingt geboten und am einfachsten dadurch zu erreichen, daß die Mengenverhältnisse zwischen gefüttertem Fleisch und Birkenholzmehl einer Änderung unterzogen wurden. Eine solche Ausdehnung der Untersuchungen war auch insofern noch von Be-

lang, als die Grenzen der Resorption festzustellen waren, um über die tatsächliche maximale Größe der aus Birkenholz zu gewinnenden Nahrungsstoffe ein Urteil fällen zu können.

Freilich die Frage des Nutzwertes ist gerade im vorliegenden Falle besonders schwer zu lösen, als über die Art der Resorption und die ihr vorausgehenden Umwandlungen, besonders der Zellulose, wenn bakterielle Kräfte wirksam sind, nur wenig Zuverlässiges gesagt werden kann. Doch mag dieser Punkt am Schluß der Betrachtungen noch näher erörtert sein.

Wenn die Auflösung der Holzmasse auf der Einwirkung von Bakterien beruht, so können die Ergebnisse einer Fütterung sehr wohl, je nach den Mengenverhältnissen zwischen eigentlicher Nahrung (Fleisch) und Beikost (Holzmehl) sich ändern, da die Entwicklung der Bakterienmasse von anderen Momenten als von der Gegenwart des Birkenmehles abhängig sein wird.

Als rein physiologisches Moment, das auch für den Erfolg bakterieller Tätigkeit in Frage kommt, hat die Zeit, während welcher bakterielle Einflüsse wirken können, Bedeutung, die Aufenthaltszeit ist aber von der Darmfülle und Kotbildung abhängig. Die Raschheit der Entleerung bildet auch ein Hindernis für die erfolgreiche Resorption. Summation oder Kompensation aller dieser Bedingungen vermag niemand bei dem heutigen Stande des Wissens vorauszusagen.

Für die physiologische Beurteilung des Nährwertes können ferner vor allem die quantitativen Verhältnisse nicht außer Betracht bleiben, für die praktische Ernährung kommt es doch nicht etwa darauf an, daß die Resorbierbarkeit einer Substanz nachgewiesen wird, sondern die Möglichkeit der Resorption muß so günstig sein, daß für den Stoffwechsel wirklich beachtenswerte Mengen gewonnen werden können. Gerade dieser Gesichtspunkt ist in den verschiedenen Betrachtungen über die Hilfsmittel, welche unsere Nahrungsvorräte vermehren könnten, ganz vernachlässigt worden, daher auch die vielen utopischen Vorschläge und zwecklosen Erörterungen in der Literatur.

Nachdem die Frage der Resorbierbarkeit des Holzes einmal angeschnitten war, schien es mir von Interesse, sie auch noch so weit fortzuführen, daß damit der Zweck einer wissenschaftlichen Aufklärung dieses Vorganges erreicht werden könnte, so daß die Untersuchung auch für andere ähnliche Fälle von Nutzen sein dürfte.

Die Versuche wurden mit dem Birkenmehl in der Weise angestellt, daß allmählich die Menge desselben, unter Beibehaltung der gleichen Fleischmenge gesteigert wurde.

Für die Aufnahme des mit Birkenmehl versetzten Fleisches besteht beim Hunde nicht die geringste Schwierigkeit, die feinfaserige Masse läßt sich innig mit dem Fleische vermengen, hat weder Geruch, noch Geschmack, so daß auch die maximalsten Mengen Birkenmehl, die der Menge nach bis 10 Prozent des Fleischgewichtes ausmachten, vom Hunde anstandslos in einer Mahlzeit aufgenommen wurden.

Auch sonst waren — vom Versuch mit maximalster Birkenholzfütterung abgesehen — irgendwelche Abweichungen im Befinden nicht nachzuweisen. Die Methodik blieb die gleiche wie früher; es mag daher in dieser Beziehung auf die vorhergehende Abhandlung verwiesen sein. Die Fleischmenge blieb in allen Fällen dieselbe (1000 g pro Tag), die Birkenholzmehlmenge wurde erst auf 50 g pro Tag, dann auf 75 g täglich gesteigert. Als dabei die Grenze der Resorbierbarkeit noch nicht erreicht war, wurde unter Wiederholung des Versuches mit 75 g täglicher Holzmehlzufuhr die Menge schließlich auf 100 g gesteigert. Damit war jedenfalls die gesuchte Grenze erreicht. Schon die sich immer mehr steigernden Kotmengen zeigten, daß man schließlich zu abnormalen Verhältnissen gelangt war.

Was den frischen Kot anlangt, so ändert sich die äußere Beschaffenheit mit zunehmender Birkenholzmenge allmählich. Die dunkle Farbe des Fleischkotes, die schon bei 25 g Holzmehlzugabe etwas abnimmt, tritt bei 50, 75, 100 g Zufuhr immer mehr zurück. Der Fleischkot lag dem geballten Kote nur mehr äußerlich als dünner Überzug auf; manche Teile erschienen wie Knochenkot, ließen sich aber auf dem Durchschnitt der Ballen leicht von letzterem unterscheiden. Nicht zu verkennen war die desodorisierende Wirkung des Holzmehles, der Kot hatte keinerlei belästigenden Geruch, der typische Fleischkotgeruch war ganz unterdrückt. Eine breiige Beschaffenheit also des Kotes war niemals in den 6 Versuchsreihen entgegengetreten, auch keinerlei Anzeichen von Gasbildung. Jeder Versuch dauerte 3 Tage und zwar durch 2 Knochentage (täglich 500 g Knochen als Nahrung) von der nächstfolgenden Periode geschieden. Die Versuchsreihe mit 50 und 75 g Birkenmehl begann am 27. August, jene mit 75 g und 100 g Birkenmehl am 17. September. Bei der Versuchsreihe mit 50 g Birkenmehl trat offenbar aus unbekannten Gründen eine Störung ein, die sich in einer größeren Kotbildung bemerklich machte, auch zum Teil von einer schlechten Ausnutzung des Fleisches begleitet war, wie aus den späteren Angaben über die N-Ausscheidung im Kot ersichtlich ist.

Die Versuchsreihe mit 75 g Birkenmehl ist doppelt ausgeführt und zeigt, daß unter normalen Verhältnissen die Abweichungen zwischen den Ergebnissen zweier Experimente sehr gering ist. Äußerst charakteristisch ist die flockige Beschaffenheit des getrockneten gepulverten Kotes, der je nach

der Menge des gefütterten Birkenmehles ein ungeheures Volum annimmt. Im wasserhaltigen Kot selbst sind die Fasern verfilzt und es besteht schon bei 50 g Zugabe eine Masse, die sich im Dickdarm schwer vorwärts bewegt, jedenfalls ausgeprägt die Neigung zur Knollenbildung besitzt. Beim letzten Versuch trat etwas Blut im Kote auf, beim Hunde ein sicheres Zeichen, daß die Grenze der Ertragbarkeit erreicht ist. Diese Neigung zur Bildung fester Knollen verfilzter Massen sind für mich auch ein Grund gewesen, von Versuchen am Menschen vorläufig abzusehen. Der Hundedarm, auch an die Knochenfütterung gewöhnt, ist gegen solche harte Kotbildung weniger empfindlich, als der Darm des Menschen.

Die Gesamtergebnisse der Versuche habe ich unter Wiederholung der für die Fütterung mit 25 g Birkenholz täglich in der vorhergehenden Abhandlung berichteten Ergebnisse in folgende beide Generaltabellen zusammengestellt. (Siehe Tabelle I und II.) Die Ergebnisse wurden am 21. Oktober 1915 der kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften vorgelegt.

Jede Zugabe von Birkenmehl hat nach Tabelle II alle Ausscheidungen vermehrt mit Ausnahme des Versuchs bei 25 g Birkenmehl, hinsichtlich der N-Ausscheidung. Da zunächst deshalb an einen Versuchsfehler gedacht wurde, sind die N-Bestimmungen des Kotes mit gleichem Ergebnis wiederholt worden. Um das weniger Wesentliche vorweg zu nehmen, so bemerke ich über die Ascheausscheidung folgendes: Die Resorption an Asche wurde mit zunehmender Birkenholzfütterung gesteigert, d. h. die Asche des Holzes zum Teil mit resorbiert.

Ascheeinfuhr	Fleisch	Fleisch +25 Birkenh.	Fleisch +50 Birkenh.	Fleisch +75 Birkenh.	Fleisch +100 Birkenh.
Täglich . .	14·51	13·4	15·2	17·1	19·3
Verlust . .	5·29	4·6	9·2	6·5	4·1
Resorbiert .	9·22	8·8	6·0	10·6	15·2

An dem Ergebnis ist nur eine Tatsache von Wichtigkeit, daß die Ascheausscheidung mit der Holzfaserzugabe nicht gesteigert worden ist. Fast ausnahmslos sieht man bei Vegetabilienfütterung die Ascheausscheidung mehr oder minder stark sich steigern, so z. B. nach meinen Versuchen bei Brot:

	Feinstes Mehl	Mittleres Mehl	Vollkornmehl
Zufuhr	2·39	2·85	8·54
Ausfuhr Kot . .	2·39	3·90	8·34
Resorbiert . . .	0	−1·05	0·20

Tabelle I.

Analyse der zugeführten Nahrungsstoffe pro Tag.

Nahrungsmittel	Trockensubstanz g	Asche g	Organisches g	Verbrennungswärme kg-Kal.	Pentosen g	Asche u. pentosefreie Zellulose g	Zellmembranrest nach Abzug v. Zellulose u. Pentose g	Fett g	N in g	Gesamtkost. Fleisch und Birkenholz: Trockensubstanz g	Asche g	Kalorien
Fleisch[1]	245·0	11·51	243·5	1014·6	4·6	—	—	11·3	34·6	245·0	11·51	1014·6
+ 25 g Birkenmehl	22·6	1·871	20·75	90·0	7·31	8·81	4·65	0·09	0·081	267·6	13·38	1104·6
+ 50 g "	45·2	3·742	41·50	180·0	14·62	16·63	9·30	0·18	0·162	290·2	15·21	1194·6
+ 75 g "	67·75	5·613	62·14	270·0	21·98	26·04	13·95	0·27	0·243	312·7	17·12	1284·6
+100 g "	90·33	7·84	83·0	360·0	29·24	33·26	18·60	0·36	0·324	335·3	19·35	1374·6

Tabelle II.

Ausscheidungen pro Tag.

Zufuhr	Trockensubstanz g	Asche g	Organisches g	kg-Kal.	Pentosen g	Quotient. Methylpentose zu Pentose[2]	Zellmembran organisch g	Pentosen in Zellmembran g	Pentosen gelöst g	Asche- und pentosefreie Zellulose g	Restsubstanz in Zellmembr. nach Abzug von Pentose und Zellulose g	N in g	Fett g
Reines Fleisch	15·47	5·29	10·38	67·74	0·129	0·51	—	—	—	—	—	1·093	—
+ 25 g Birkenmehl	24·73	4·64	20·09	99·81	4·384	0·33	14·48	3·812	0·572	5·24	5·54	0·807	0·667
+ 50 g "	57·53	9·23	48·30	235·09	8·84	0·023	29·26	6·71	2·13	13·05	9·50	1·775	—
+ 75 g "	56·76	10·33	46·43	229·92	12·07	0·037	33·03	7·87	4·20	14·16	11·00	1·094	—
+ 75 g "	49·83	3·71	46·12	231·24	12·24	0·007	36·17	8·74	3·50	16·29	16·38	1·000	—
Mittel für die Versuche mit 75 g Birkenmehl . . .	53·29	6·52	46·27	230·58	12·15	0·022	34·70	8·40	3·85	15·22	13·69	1·047	—
+ 100 g " . . .	74·99	4·09	70·90	338·51	20·66	0·002	53·90	12·26	8·40	25·68	15·96	1·214	—

[1] Nutzwert 1 N = 26 kg-Kal. [2] Nach der Menge des Furfurolphlorogluzids berechnet.

Trotz steigender Aschemengen im Vollkornbrot, ist die Menge der Ausscheidungen so groß, daß wieder Gleichgewicht — für den Kot wenigstens — besteht. Ein Aschegleichgewicht kann nicht bestanden haben, da die Entleerung an Asche im Harn gar nicht in Anrechnung gezogen ist. Die starke Kotbildung bei Birkenholzfütterung hat also sicher in dieser Hinsicht keinen nachteiligen Einfluß ausgeübt. Die in Weizenkleie enthaltene Asche verhält sich also anders wie die Birkenholzasche, die gute Resorption hängt zum Teil mit der Art der Asche und mit der außerordentlichen Trockenheit des Kotes zusammen.

Für die übrigen Bestandteile werden wir am besten zunächst die relativen Zahlen der Resorption untereinander vergleichen.

Tabelle III.

Verluste in Prozenten der Zufuhr.

	Pentosen	Zellulose	Zellmembran
Reines Fleisch	2·80	—	—
Fleisch mit 25 Birkenholz	59·92	59·51	69·78
„ „ 50 „	60·47	78·47	70·51
„ „ 75 „	55·40	60·78	55·84
„ „ 100 „	70·65	77·21	64·94

Die Pentosen (nur minimale Mengen Methylpentosen enthaltend) zeigen in den 4 Reihen bis zur Menge von 75 g Birkenholzfütterung täglich keine wesentlichen Unterschiede, von der Futtermenge wird ein bestimmter Anteil aus dem Darm ausgelaugt oder richtiger gesagt, er ist nicht mehr in den Ausscheidungen nachzuweisen. Erst die Tageszufuhr von 100 g hat die Leistungsfähigkeit des Darmes offenbar überschritten.

Die Pentosen sind im Holz als Pentosane vorhanden, welche letztere durch irgend einen Eingriff hydrolysiert werden müssen; die große Regelmäßigkeit der Verdauung der Pentosane legt den Gedanken nahe, daß hier fermentative Wirkungen vorhanden sind, welche von der Resorption anderer Zellbestandteile unabhängig verlaufen.

Über den Nährwert der Pentosane bei unseren Haustieren liegen eine Reihe von Versuchen vor. Stone und Jones[1] haben bei Schafen für Gras und Kleie eine Verdaulichkeit von 40 bis 90 Prozent angegeben; H. Weiske[2] für Wiesenheu und Hafer bei Schafen eine Verwertung der Pentosane bis

[1] *Berichte der Chem. Gesellschaft.* 1892. Bd. XXV. S. 563.

[2] *Zeitschrift für physiolog. Chemie.* 1895. Bd. XX. S. 489.

65 Prozent gefunden. Für das Rind bestimmte O. Kellner bei einer Mischkost (Heu, Stroh, Kleie usw.) 72 Prozent der Zufuhr als resorbiert. Bei den großen Mengen der Pentosanzufuhr bei den Pflanzenfressern müssen die Pentosen eine wichtige Nahrungsquelle sein.

Alle diese Versuche haben insofern wenig Bedeutung für die Frage der Löslichkeit der Pentosane, als bei ihnen jeder Nachweis fehlt, daß tatsächlich in der Kost des Tieres nur Pentosane vorgelegen haben, das ist sicherlich nicht der Fall gewesen, in den pflanzlichen Nahrungsmitteln des Menschen, über die ich in einer besonderen Abhandlung berichten werde, sind die Pentosen oft zum großen Teil als solche vorhanden, bedürfen also einer besonderen Verdauungstätigkeit überhaupt nicht, daher kann man aus obigen Literaturangaben auch keinen Vergleich über die bessere oder schlechtere Ausnutzung der Pentosane beim Hund mit Bezug auf die Leistung der sonstigen Nutztiere entnehmen.

Die Resorption der Zellulose verlief nicht so gleichmäßig wie jene der Pentose, so ist z. B. bei dem Versuch mit 50 g Birkenmehl täglich nur die Resorption der Zellulose gestört gewesen, nicht aber jene der Pentosen, ferner machte sich die Überschreitung der optimalen Grenze der Resorption viel stärker bei 100 g Birkenholzfütterung bei der Zellulose geltend, wie bei der Pentoseausnützung. Im Durchschnitt wird man sagen dürfen, daß die Zellulose des Birkenholzes mit 60·5 Prozent Verlust aufgenommen, d. h. umgewandelt wird.

In der Zellmembran sind neben Pentosanen und Zellulose weiter Ligninsubstanzen, Hexosane, eine Spur Fett, Eiweiß usw. enthalten, diese Produkte werden auch ihre Besonderheiten der Resorption besitzen, ohne daß man das im einzelnen verfolgen kann. Über die Mischungsverhältnisse der Komponenten des aus dem Kot dargestellten Birkenmehles, das in seinem Äußeren keinen Unterschied von gefütterten Material erkennen läßt, gibt folgende Betrachtung Aufschluß. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Auflösung der Pentosane viel weiter vorwärts geschritten ist, wie deren Resorption. In der Generaltabelle II findet man unter „Pentosen" gelöst die nähere Angabe. Ihre Menge ergibt sich, wenn man vom Gesamtpentosengehalt des Kotes jene Pentosen abzieht, die in den Zellmembranen des Kotes nachgewiesen sind. Sie stellen ein Zwischenprodukt dar; es ist möglich, daß die in Pentosen umgewandelten Pentosane erst allmählich aus dem Kote ausgelaugt werden oder zum Teil nicht resorbierbar sind.

Über die Zusammensetzung des aus dem Kot dargestellten Birkenmehles im Vergleich zur verfütterten Substanz läßt sich aus den Haupttabellen folgendes angeben:

In 100 Teilen organischer Substanz sind:

Substanz	Pentosen	Reinzellulose	Rest
Verfüttertes Birkenholz	35·23	40·07	24·70
Holzmasse aus Versuch I.	26·32	35·43	38·25
„ „ „ II.	22·92	44·60	32·48
„ „ „ III.	24·20	43·85	31·95
„ „ „ IV.	22·85	47·64	29·47

Die aus dem Kot dargestellte Birkenholzmasse ist also durchgängig pentoseärmer als die gefütterte Masse, mit zunehmender Menge der gefütterten Masse steigt von Versuch II ab der Gehalt an Zellulose, während auch die Restsubstanz relativ zunimmt. Die Unterschiede sind im ganzen nicht sehr große; sie fallen aber in der Richtung, daß man sie durch die bessere Verdauung der Pentosen gegenüber der Zellulose erklären kann. Die Verdauung der Pentosen schreitet besser vor als jene der Zellulose, besonders bei erheblicher Zufuhr (100 g täglich Versuch IV) sind die Unterschiede am stärksten ausgeprägt.

Die Menge der durch die Verdauung in Lösung gegangenen Substanz läßt sich am besten durch den Energieverlust ausdrücken, der im Vergleich zur eingeführten Birkenholzsubstanz entstanden ist. Zur Berechnung ist folgendes zu bemerken. Von der Nahrung findet sich als Rückstand im Kote die Birkenholzmasse, die für sich dargestellt werden kann. Die Verbrennungswärme dieser aus Kot dargestellten Fasermassen konnte ich nur in einem Falle, bei dem reichlichere Substanzmengen zur Verfügung standen, eingehender untersuchen. 1 g organisch lieferte 4·536 kg-Kal., also weniger wie die eingeführte Substanz. Man darf annehmen, daß auch die anderen Proben in der Verbrennungswärme nur unbedeutend hiervon verschieden waren. Zu dem Verlust durch die Birkenholzmasse kommt noch jener Anteil der Pentosen hinzu, welcher in den Tabellen als „löslich“ bezeichnet worden ist. Für diese Pentosen mag die Verbrennungswärme der Xylose 1 g = 3·746 kg-Kal. angenommen werden. Ob noch andere Spaltstücke in gelöstem Zustande vorhanden waren, ist unbekannt. Bei der Zerlegung der Zellulose treten ja noch Fettsäuren auf, die besonders bei der menschlichen Ernährung mit Brot ungemein reichlich sind und zu gewissen Störungen der Verdauung, d. h. zu einem hohen Wassergehalt des Kotes und schleuniger Entleerung derselben führen, wie ich zuerst nachgewiesen habe. Der Kot beim Hunde nach Birkenholzfütterung ließ eine solche Säuerung aber nicht erkennen, er war fest und knollig, ein Beweis, daß eine Reizung des Darmes durch reichliche Säurebildung nicht vorlag. Man kann also wohl annehmen, daß durch den Mangel der Feststellung sauerer Produkte ein nennenswerter

Fehler für unsere Betrachtung nicht entstanden sein kann. Eine Berechnung unter den eingangs gegebenen Gesichtspunkten liefert folgendes Ergebnis:

Zufuhr an Birkenmehl g	Täglich kg-Kal.	Verlust		Summe	Verdaut kg-Kal.	Verlust in Prozenten
		Kal. in Holzfaser	Kal. in Pentosen			
25	90·0	65·77	1·80	67·57	22·43	75·0
50	180·0	132·90	7·99	140·89	39·11	72·7
75	270·0	157·40	14·44	171·84	98·16	63·4
100	360·0	244·49	31·50	275·99	84·11	76·6

Mit zunehmender Zufuhr steigt zunächst die Menge des Verdauten allmählich an, bei 75 g täglicher Zufuhr ist das Maximum erreicht, die Erhöhung der Zufuhr drückt dann den Nutzeffekt bei 100 g Zufuhr sogar unter die bei 75 g Zufuhr erreichte maximale Verdauung. Der prozentige Verlust ist anfänglich groß, fällt allmählich bis zur Fütterung von 75 g Birkenholz auf 63·4 Prozent, um dann wieder zu steigen.

Nach Versuchen von O. Kellner[1] soll die Zellulosegärung im Darm des Rindes immer noch einen befriedigenden Nutzeffekt geben. 242 Teile Strohstoff sollen 235 Teilen Stärkemehl isodynam sein. Von einem so hohen Nutzeffekt kann hier bei dem Hunde nicht die Rede sein, wie eine einfache Berücksichtigung der Ausnutzungsverhältnisse erkennen läßt.

1 g Birkenmehl aschehaltig 4·425 kg-Kal. liefert höchstens 1·619 kg-Kal. Nutzeffekt, somit würde statt 1 g Kohlehydrat (mit 4·1 kg-Kal.) mindestens 2·53 g Birkenholz unter günstigsten Umständen gegeben werden müssen. Der benutzte Hund hatte einen täglichen Nahrungsbedarf von 1000 bis 1100 kg-Kal., von dieser Menge konnte maximal höchstens 98·2 Kal. durch das Birkenmehl ersetzt werden, so daß der tägliche Nutzeffekt 9 Prozent des täglichen Umsatzes erreichen kann; wahrscheinlich ist derselbe aber weit geringer, weil zum mindesten der Nutzeffekt der Zellulose allein durch Wasserstoff oder Methanbildung wesentlich herabgesetzt ist. Somit bildet eine solche Holzmehlfütterung unter keinen Umständen eine wesentliche Nahrungsquelle, wobei sie noch zweifellos für die Dauer den Darm sehr belastet.

Der wirkliche Nutzeffekt hängt aber von einem Umstand ab, der einer kurzen Besprechung bedarf. Bei den Ausnützungsversuchen kann eine Steigerung der natürlichen Kotbildung eintreten. Ich habe darauf zuerst aufmerksam gemacht, und auch die entsprechenden Versuche angestellt.

---

[1] O. Kellner, *Untersuchungen über den Stoff- und Energieumsatz des erwachsenen Rindes.* Berlin 1900.

Bei der Ausnutzung pflanzlicher Nahrungsmittel fiel mir sofort die verhältnismäßig erhebliche Zunahme der N-Ausscheidung im Kote auf, die sogar bei sehr N-armen Nahrungsmitteln sehr erheblich sein kann. Vielfach sind in der Literatur die Ergebnisse meiner Experimente an pflanzlichen Nahrungsmitteln in dem Sinne referiert worden, als hätte ich den Kot-N stets als Rest des Nahrungsmittel-N angesehen, es hat auch deshalb bis in die neueste Zeit nicht an polemischen Angriffen gefehlt. Die letzteren wären völlig unterblieben, wenn Kritiker wie Hindhede sich die Mühe gemacht hätten, die Originalarbeit einzusehen. Denn dort habe ich zuerst den Gedanken auseinandergesetzt, daß die N-Steigerung im Kot bei vegetabilischen Nahrungsmitteln zum erheblichen Teil auf einer Steigerung der Kotbildung beruhen kann. Rieder hat dann die gleiche Frage später eingehender behandelt.

Insoweit die N-Ausscheidung bei Birkenholzfütterung in Betracht zu ziehen ist, findet man die Unterlagen in Tabelle II. Diese zeigt, daß bei 25 g Birkenholz sicherlich eine Mehrung der N-Ausscheidung nicht vorhanden ist, sie zeigt sich aber bei 50 g Birkenholz; bei diesem Versuch hatte sich aber ergeben, daß eine Störung der Verdauung vorgelegen habe müsse, bei 75 g Birkenholz ergibt sich wieder nicht mehr N in der Ausscheidung als bei reiner Fleischfütterung. Man kann also die Tatsache feststellen, daß bis zur optimalen Resorption sicherlich auch keine wesentliche Änderung in der Bildung N-haltiger Verdauungswerte vorgelegen haben kann. Erst bei Fütterung von 100 g Birkenholz beginnt im Einklang mit der auch sonst sich ausprägenden schlechten Ausnützung eine Steigerung der N-Ausscheidung.

Es gibt aber noch eine andere Möglichkeit, die Verhältnisse der Kotbildung zu kontrollieren. Nehmen wir die Menge der im Kot täglich ausgeschiedenen Kalorien und ziehen davon die Summe der Kalorien ab, welche den gelösten Pentosen und den aus dem Kot isolierten Zellmembranen entspricht, so müßte so viel an Verbrennungswärme übrig bleiben, als 1000 g Fleisch im Kote liefern; bei 1000 g Fleisch wurden 67·7 kg-Kal. täglich entleert. Für die Birkenholzversuche ergibt sich folgendes:

	25 g Birkenholz	50 g Birkenholz	75 g Birkenholz	100 g Birkenholz
kg-Kal. in der tägl. Ausscheidung	99·81	235·09	230·58	338·51
In der Zellmembran und Pentose	67·57	140·89	171·84	275·99
Es bleibt für Kotausscheidung	32·24	94·20	58·74	62·62

Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Fleischkot selbst keine absolut gleiche Größe darstellen wird, kleine Schwankungen der Ausnützung, ge-

ringe Differenzen im Ätherextrakt kommen vor. Im Hinblick hierauf wird man sagen können, bei Fütterung von 25 g Birkenholz ist zweifellos die Kotbildung geringer als erwartet werden konnte. Denn 1000 g Fleisch sollten 67·7 kg-Kal. liefern. Bei 50 g Birkenholz zeigte sich abnorm vermehrte Kotbildung. Diese steht im Einklang mit den sonstigen Erhebungen, d. h. der Verminderung der Zelluloseresorption und der Vermehrung der N-Ausscheidung im Kote aus nicht weiter festzustellenden Ursachen. Die beiden letzten Reihen haben etwa so viel Kalorien im Kote, wie sie für den Rest des Fleischkotes zu erwarten waren. Allerdings entspricht der letzte Wert nicht ganz dem Verhalten der N-Ausscheidung im Kote, die etwas gesteigert war.

Jedenfalls darf man aus dem Gesagten schließen, daß die fein zerteilte Zellulose des Birkenholzes beim Hunde zu einer Steigerung der normalen Kotbildung im optimalen Falle der Zufuhr der Holzfasermasse nicht geführt hat.

Aus welchen Gründen die Resorption nur bis zu einem bestimmten Grade vorwärts schreitet, um bei einer nächst größeren Gabe von Birkenholz höhere absolute Werte, aber annähernd dieselben relativen Werte zu erreichen, ist mit Bestimmtheit nicht zu sagen, denn die Möglichkeiten hierfür sind mannigfache.

Zunächst könnte man eine mechanische Ursache annehmen und sich denken, die Resorption sei bedingt durch einen gewissen Vermahlungsgrad des Birkenholzes, unter der Annahme, daß nur bestimmte fein verteilte Massen durch die verdauenden Kräfte angreifbar sind. Gegen diese Anschauung spricht meine direkte Beobachtung, daß die aus dem Kote hergestellte Birkenmehlmasse keine andere rohphysikalische Eigenschaft besitzt, wie die gefütterte Masse selbst und daß außerdem die reichlichere Aufnahme der Pentosen nach dieser Anschauung unerklärlich wäre.

Die zweite Annahme, welche wir machen wollen, könnte die Unterschiede der Resorption in der rein chemischen Beschaffenheit des Materials suchen: Nur bestimmte Pentosen sind löslich und von der Zellulose nur ein Teil, der sich chemisch etwas anders verhält, wie die übrige Zellulose; daher also in jedem Versuch die analogen Verhältnisse. Das klingt unwahrscheinlich, die Art der im Birkenholz vorkommenden Pentosane ist allerdings quantitativ, wie es scheint, nicht untersucht worden, allein es spricht wohl nichts dafür, daß wesentliche Unterschiede bestehen. Ebensowenig haben wir einen Anhaltspunkt für innere Unterschiede der Zellulosen.

Die dritte Annahme könnte sich auf die biologische Natur der Zellmembran stützen, welche namentlich nach den Anschauungen von Correns

nicht allein durch Auflagerung verschiedener Materialien aus der jugendlichen Form sich entwickelt, sondern als ein Gerüst angesehen werden kann, in dessen Mizellräume zum Teil spätere Einlagerungen aufgenommen werden und zum anderen Teil auch als Überzüge der Membran erscheinen. Lignine, Cutine, Pentosane und Zellulosen können so in mannigfache morphologische Bindungen zueinander gebracht sein. Je nach der Lagerung der Schichten, die manchmal den Charakter von Überzügen annehmen mögen, könnte also trotz gleicher chemischer Zusammensetzung die Verdaulichkeit verschieden sein. Jedenfalls muß man an diese Möglichkeiten denken, ehe man stets aus ungleichen Ergebnissen auf ungleichen chemischen Charakter der Produkte schließt.

Als Belege hierfür erwähne ich eine Beobachtung W. Hoffmeisters. Aus den meisten Holzarten kann man mit Natronlauge Holzgummi ausziehen, wenn man sie vorher mit Ammoniak von Ligninsubstanz befreit hat. Bei Nadelhölzern aber nicht. Wohl aber erhält man Holzgummi, wenn man vorher die Rohzellulose hergestellt hat, wobei also eine Reihe die Lösung des Holzgummis störender Substanzen entfernt wird. Aus meinen eigenen Untersuchungen möchte ich folgendes erwähnen: Aus Birkenholz, das, wie ich angab, rund 32·7 Prozent Pentosen der Trockensubstanz enthält, löst sich sehr viel von dieser Holzgummi genannten Substanz in 5 Prozent Kali auf, die, wie ich gezeigt habe, zu 70 Prozent aus Pentosen besteht. Es bleiben 12·3 g Pentosen unlöslich, immerhin noch ein erheblicher Teil.

Die einfache Verdauung des Birkenholzes im Darm ist kein so kräftiger Eingriff, denn im Mittel hinterbleiben bei dem gewählten Beispiel 19·2 g Pentose als unlöslich.

Trotzdem vermag aber gerade die natürliche Verdauung aus der Restsubstanz, welche nach 24 stündiger Extraktion von Birkenholz mit 5 Prozent Kali hinterbleibt, nochmals Pentosen zu lösen, so daß nur 6·4 g als unlöslich, zum Teil mit Zellulose verbunden hinterbleiben. Die Erklärung liegt meiner Meinung darin, daß die natürliche Verdauung auch durch Angreifen der Zellulose — welche durch 5 Prozent Kali ungelöst bleibt — morphologisch mit dem Zellulosegerüst verbundene Pentose frei macht. Auch die nach der Verdauung von mit Kali behandeltem Birkenholz nach dem Verfahren von Hoffmeister dargestellten Zellulose enthält noch Pentose, die aber jetzt in Kali zum wesentlichen Teil löslich geworden ist.

Der gleiche Gedankengang, auf den die Löslichkeit der Pentosen geführt hat, kann wohl auch auf die Zellulose und ihre Löslichkeit angewandt werden. Daher könnte die Behauptung von „leicht" und „schwer" verdaulicher Zellulose möglicherweise seine Erklärung mit eben derselben Be-

rechtigung in einem ungleichen morphologischen Aufbau, wie in der Natur der Substanz, die man bisher allein als Grund der Ungleichheit angesehen hat, gesucht werden.

Bei der von mir gewählten Versuchsanordnung (eine Mischung von Fleisch und Birkenholzmehl) liegen die Verhältnisse für die Verdauung ziemlich einfach, da die Fleischverdauung an sich der beherrschende Prozeß für die Kotbildung ist, während die Birkenmasse gewissermaßen in diese Nährlösung nur eingebettet ist.

Anders liegt die Sache, wenn Vegetabilien, die selbst reichlich Nährstoffe enthalten, verabreicht werden, oder mit Animalien gemengt sind; die Beschaffenheit des Kotes wird dann mehr oder minder verändert. Auch kann durch ein vegetabilisches Nahrungsmittel zweifellos auch die Bakterienflora selbst verändert werden, indem besondere Keimarten eingeführt werden, wie das z. B. bei Brot mit Sauerteig bereitet, der Fall zu sein scheint.

Ob daher das Birkenholzmehl sich auch unter ganz veränderten Nahrungsbedingungen in seiner Resorbierbarkeit genau so verhält, wie oben geschildert, kann man mit absoluter Gewißheit nicht voraussagen.

Die Erklärung der Verdauungsvorgänge selbst eines einfachen Objektes, wie hier das Birkenholzmehl eines darstellt, ist, wie ich experimentell gezeigt habe, ein ziemlich komplizierter Vorgang. Man wird daher auch in anderen Fällen sich eingehender mit dem näheren Prozeß der Nahrungsumwandlung beschäftigen müssen.

Mit der eben entwickelten Anschauung einer durch die biologischen Verhältnisse bedingten Löslichkeit der Zellmembranen decken sich auch die mikroskopischen Untersuchungen, welche Geheimrat Haberlandt an den Kotsorten einiger meiner Experimente auszuführen die Güte hatte. Bei dem Versuch mit 1000 g Fleisch und 25 g Birkenholzmehl zeigten die verdickten Wände der Libriformzellen unregelmäßige Korrosionen, Löcher und Querkanäle, oft tüpfelähnliche Hohlräume, streckenweise unregelmäßige Abschmelzungen von außen und innen, so daß die Zellkonturen gekerbt erscheinen. An den Bruchstrecken der Zellen treten häufig sich allmählich verschmälernde Längsspalten in den sekundären Verdickungsschichten auf. Diese Arrosionserscheinungen waren ganz ähnlich wie bei den Libroformzellen in den Exkrementen des mit Birkenholzschliff gefütterten Schafes.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich mit voller Bestimmtheit, daß es nur bestimmte einzelne Stellen sind, an denen der Verdauungsangriff erfolgt. Die morphologische Analyse ist somit eine wesentliche Ergänzung des chemischen Befundes. Besonders bemerkenswert erscheint mir aber, daß der Hundedarm des Blinddarmes in ausgedehntem Maße zwar

entbehrt, nichtsdestoweniger aber in der Lage ist, die gleichen Verdauungsvorgänge einzuleiten, wie der Darm der Pflanzenfresser.

Eine Probe Birkenholz (siehe S. 81) hatte ich mit 5 Prozent Kali in der Kälte behandelt und dadurch eine sehr erhebliche Menge von Pentosen extrahiert, weit mehr als die natürliche Verdauung hätte lösen können. Mit diesem Material war dann auch ein Ausnützungsversuch angestellt worden. Der Hundedarm hatte die Eigenschaften, aus diesem Präparat wieder Pentosen zu verdauen. Auch diese Kotproben hat Geheimrat Haberlandt geprüft. Die Kalibehandlung hatte eine Quellung der Zellwände herbeigeführt mit stellenweiser zarter Schichtung, die Korrosionen waren ähnlich wie bei dem Original-Birkenholzschliff. Somit war auch hier eine durch die morphologischen Verhältnisse bedingte Löslichkeit vorhanden.

Aus diesen gemeinsamen Beobachtungen, sowohl jener von Haberlandt, wie der meinen, erkennt man die wichtige Tatsache, daß die Bestimmung der Rohfaser in Nahrungsmitteln über die Angreifbarkeit der Zellwände und die Ausdehnung einer solchen Einwirkung keine Auskunft zu geben vermag. Die Rohfaser steht überhaupt wohl nicht in einem bestimmten Verhältnis zur ganzen Masse der Zellmembran und außerdem kommt nicht chemische Zusammensetzung, sondern morphologische Ordnung in Betracht. Die Ausbildung der Zellmembranen, sehr verschieden gestaltig, wird vielleicht in allen Richtungen hin bei den Spielarten von Gewächsen und Früchten nicht stets dieselbe sein. Wenn die Ernten mitunter den Gehalt an Nährstoffen wesentlich beeinflussen, wäre doch auch denkbar, daß der Zellwandbau in manchen Richtungen ungleich ausfällt und daher beim Versuch über die Verdaulichkeit schwankende Resultate liefern kann.

Solch ein Wechsel des Aufbaues würde dort, wo verdauliche Zelleinschlüsse in Betracht kommen, von erheblicher Bedeutung für den Nährwert und die Größe der Kotbildung werden können.

Bei manchen Fütterungsversuchen mit Pentosen hat man die Ausscheidung von Pentosen im Harn beobachtet. W. Ebstein[1] und Jacksch[2] gingen so weit, die Verwertung der Pentosen im Tierkörper zu bestreiten, ersterer behauptete, Arabinose und Xylose würden im Harne vollkommen wieder ausgeschieden. Es kann aber nach den Versuchen von Salkowski[3] und von M. Cremer[4] kein Zweifel sein, daß auch bei Verfütterung reichlicher Mengen von Pentosen zum mindesten eine erhebliche Verwertung im Organismus auftritt, wenn auch Anteile derselben im Harn auftreten.

---

[1] *Zentralblatt für die med. Wissenschaft.* 1892. Bd. XXX. S. 577.

[2] *Zeitschrift für Heilkunde.* 1889. Bd. XX. S. 195.

[3] *Zentralblatt für die med. Wissenschaft.* 1893. Bd. XXXI. S. 193.

[4] *Zeitschrift für Biologie.* 1892. Bd. XXIX. S. 484.

Nach Neuberg und Wohlgemuth[1] sind allerdings gewisse Unterschiede in der Verwertung sogar bei stereoisomeren Arabinosen vorhanden. May[2] hat nachgewiesen, daß von Rhamnose nur ein kleiner Teil im Harn wieder erscheint.

Das Verhalten des Harns bei Aufnahme pentosanhaltiger Vegetabilien hat König und Reinhardt geprüft, wenigstens enthielt der Harn des betreffenden Menschen nur geringe Mengen furfurolbildender Substanzen. Sie sind der Anschauung, daß man den Verlust im Harn auf 0·3 bis 0·5 g Pentosane im Tag veranschlagen könne.

Das gleiche Ergebnis hatte übrigens schon H. Weiske[3]; nach Fütterung von Pentosanen nahm der Harn an furfurolbildenden Substanzen nicht wesentlich zu, allerdings war eine genaue Bestimmung der verdauten Pentosane nicht durchgeführt worden.

Jedenfalls war es daher für mich geboten, den Harn des Hundes auf furfurolliefernde Substanzen zu prüfen. Ich habe daher den Versuch mit maximalster Fütterung von Birkenmehl zu einer quantitativen Untersuchung ausersehen. Sowohl der Harn zweier Fleischtage (1000 g Fleisch), als der zweier Tage mit 1000 g Fleisch und 100 g Birkenmehl wurden ausgewählt, der Harn mit dem Katheter quantitativ entnommen.

Vier verschiedene Fleischproben wurden untersucht und im Mittel 0·832 Prozent Pentosen gefunden, davon fast $^2/_3$ in Alkohol löslich, das ist erheblich mehr als gewöhnlich angegeben wird. Die Phlorogluzinfällungen waren flockig, d. h. mehr Trübungen als eigentliche Niederschläge.

Im Harn der Fleischtage wurden im Mittel erhalten: 0·102 g Pentosen pro Tag, im Harn nach Birkenmehlfütterung 0·103 g. Auch hier betrug der in Alkohol lösliche Anteil $^1/_3$ bis $^1/_2$ des genannten Furfurolphlorogluzids.

Damit ist völlig eindeutig bewiesen, daß beim Hunde trotz reichlicher Verdauung von Pentosanen keine Pentosen in den Harn übergehen; offenbar treten die aus den Pentosanen entstehenden Pentosen in kleinen Quantitäten in den Kreislauf und werden deshalb verlustlos — wenigstens insoweit der Harn in Betracht kommt — verwertet.

Die Kräfte, welche die Lösung der Zellmembranen bewirken, sind uns zurzeit nicht bekannt. In Frage kommen können entweder Fermente des Darmes oder Bakterienwirkungen. Im letzten Falle können ausgeschiedene Fermente natürlich gleichfalls angenommen werden. Zu einer Entscheidung

---

[1] *Berichte der Chemischen Gesellschaft.* 1901. Bd. XXXII. S. 1743.

[2] *Archiv für klin. Medizin.* 1896. Bd. LVI. S. 283.

[3] *Zeitschr. für physiol. Chemie.* 1895. Bd. XX. S. 489.

der Frage habe ich je 1·0 g Birkenholzmehl, das nach Ausziehen mit Alkohol und Äther bei 100° trocken 0·834 g Substanz lieferte, in verschiedenen Kölbchen 5 Tage der Verdauung im Thermostaten bei 37° ausgesetzt.

Die verdauenden Flüssigkeiten waren:

1. Fleischkot vom Hunde, frisch mit Wasser und Toluol angerührt und 24 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen, dann filtriert. Filtrat trübe.

2. Ebenso Kot nach Fütterung von 1000 g Fleisch und 100 g Birkenmehl.

3. Die Kotsorten werden auch sofort mit Azeton zerrieben, mehrfach abgegossen, dann sofort mit Wasser ausgezogen oder

4. nach dem Trocknen ausgezogen — klares Filtrat.

In allen 4 Fällen war etwas Trockensubstanz und auch Pentose in Lösung gegangen.

Angewandt	0·834 g	Trockensubstanz u.	0·291 g	Pentose
Erhalten bei:				
1. Fleischkot, Wasser lösliches . .	0·794	„	0·247	„
2. Birkenkot „ „ . .	0·800	„	0·259	„
3. Fleischkot mit Azeton behandelt	0·791	„	0·239	„
4. Birkenkot	0·802	„	0·251	„

	Gewichtsdifferenzen	Pentosedifferenz	Pentosane
1.	0·040	0·044	0·035
2.	0·034	0·032	0·028
3.	0·043	0·052	0·046
4.	0·032	0·040	0·035

Als gemeinsames Resultat würde sich also ergeben, daß in allen Fällen etwas Pentose gelöst worden ist und daß der Gewichtsverlust auf Pentosane zu beziehen ist, denn im Mittel aller Bestimmungen betrug der Gewichtsverlust 0·0372 g und der aus Pentosanen 0·0360 g und in Prozenten der Gewichtsverlust — 4·46 Prozent und der aus Pentosanen — 12·37 Prozent.

Die Ergebnisse sprechen also dafür, daß eine Fermentwirkung auf Pentosane vorgelegen haben dürfte, zumal eine andere Erklärung der Gewichtsabnahme nicht aufzufinden ist. Ein Angreifen der Zellulose selbst ist bei der Anwendung des Kotextraktes nicht zu beweisen, entweder sind also solche Fermente durch die angewandte Behandlung vernichtet worden, oder sie werden von Bakterien nur in direkter Berührung mit dem aufzulösenden Membran abgegeben. Lösung der Pentosane und Lösung der Zellulose sind also auch nach den obigen Resultaten voneinander getrennte Vorgänge.

Über Pentosen und Zellhüllen des Brotgetreides.

Von

Max Rubner.

In dem Birkenholzschliff hatte ich zur Untersuchung ein Material verholzter Zellen, das frei von sonstigen nährenden Bestandteilen war, erhalten; es kann als ein Beispiel für die Beschaffenheit einfacher, inhaltleerer Zellmembranen gelten. Zellmassen ähnlicher Art, nur meist reichlich gefüllt mit Inhalt, finden sich auch sonst in pflanzlichen Nahrungsmitteln, sei es, daß es sich um oberflächliche Zellschichten oder um solche der inneren Gewebsgliederung oder um Gefäße handelt. Man hat daher mit ihnen als Begleitsubstanzen der üblichen menschlichen Kost zu rechnen. Nach den Untersuchungen der Histologen sind diese Zellhäute morphologisch sehr verschieden gebaut, umschließen nicht immer gleichmmäßig impermeabel den Zellinhalt, zeigen sich von veränderlicher Zusammensetzung, vor allem auch je nach dem Alter der Zellen.

Neben diesen, auch für die Ernährung wahrscheinlich bedeutungsvollen Eigenschaften, ist das Verhältnis zwischen Zellmembranen und den von ihnen eingeschlossenen höher zu bewertenden Nährstoffen wie Eiweiß, Fett, leicht verdaulichen Kohlehydraten ein verschiedenes, das ergaben die Analysen der Rohfaser, auch wenn man die letztere als völlig einwandfreien Maßstab für die Menge der Zellmembranen nicht ansehen darf. In manchen Fällen läßt sich ein großer Teil der Zellmembranen beseitigen, nämlich dort, wo sie als äußere Hüllen und Schalen aufzutreten pflegen. Es schien mir gerade mit Rücksicht auf die menschliche Ernährung wünschenswert, den Versuch zu machen, die Zellmembranen für einige wichtige Nahrungsmittel nach ihrer Menge und sonstigen Eigenschaften festzustellen. Über die Menge der Zellmembran kann die bisher geübte Methode der Untersuchung des Rohfasergehaltes keinen Entscheid bringen, da, abgesehen von der schwankenden Zusammensetzung des

letzteren, kaum ein konstantes Verhältnis zwischen der Masse der Zellmembran und der Zellulose, welche den größten Teil der „Rohfaser" ausmacht, bestehen dürfte. Mit der Erkenntnis der in den Zellmembranen zusammengefaßten Stoffe verminderten sich die in dem Sammelwort — N-freie Extrakte zusammengefaßten Substanzen, sie werden genauer präzisiert.

Von den Nahrungsmitteln, deren genauere Kenntnis besonders wünschenswert erscheint, steht das Brot an erster Stelle. Über die Bedeutung des Brotes vom Standpunkte der Volksernährung habe ich in der deutschen medizinischen Wochenschrift 1915, Nr. 18 bis 20 eine eingehende Darstellung gegeben, die sich auf die bisherigen Untersuchungen gründet und auch die physiologischen Grundlagen der Ausnützung behandelt. Die Verschiedenheit in der Ausnützung ist eine sehr weitgehende.

Die wesentlichen ausschlaggebenden Momente liegen außer in der Natur der Brotfrucht, in der Mahlweise, dem Kleiereichtum und der Backweise. Über einen wichtigen Punkt wissen wir leider sehr wenig, nämlich über den tatsächlichen Gehalt an Zellmembranen und deren Beschaffenheit. Bei meinen ersten Untersuchungen über die Verdaulichkeit von Mehl verschiedenen Ausmahlungsgrades, die über 30 Jahre zurückliegen, habe ich allerdings versucht, im Mehl wie in den Ausscheidungen die Kleieteilchen von den übrigen Bestandteilen zu trennen, um auf diese Weise wenigstens den Einfluß grob zerkleinerter Zellhüllen auf die Kotbildung kennen zu lernen.

Man muß aber damit rechnen, daß neben den gröberen Teilchen auch noch feinere, die durch Sieben nicht zu beseitigen sind, vorkommen und wahrscheinlich heute unter der so mißbrauchten Bezeichnung „der Streckung" des Getreides eine nicht gerade erwünschte Änderung der Mehle herbeiführen.

Die Hauptunterschiede in der Güte der Mehle vom Handelsstandpunkt und auch in diätetischer Hinsicht sind bedingt durch die ungleiche Ausmahlung und den Kleiegehalt. Ich gehe daher zunächst auf die Beschaffenheit der Kleie und ihre Rückwirkungen auf die Zusammensetzung der Zerealien näher ein.

Die Kleie.

Merkwürdigerweise sind die Schalen des Getreides, um deren Bedeutung so oft gestritten wurde, nie eingehender bis jetzt untersucht worden, obschon eine solche Untersuchung von Interesse sein kann. Die morphologischen Verhältnisse im speziellen sind bekannt, das wesentliche Augenmerk war auf die Kleberzellen gerichtet. Die chemische Natur des Inhaltes steht noch nicht völlig fest, wenn auch das Vorkommen von

Körpern, die den Nukleinstoffen zugehören, außer Zweifel steht. Die Schalen sind zum Teil als Schutzhüllen aufzufassen, die Verholzung der Zellen ist weit vorgeschritten. Da aber die einzelnen Holzarten in dem Aufbau sehr verschieden sind, so war es wünschenswert, diese Hüllsubstanzen so weit wie möglich von den anhaftenden anderen Substanzen zu befreien, um einen Vergleich der Schalensubstanz mit dem Birkenholz zunächst zu ermöglichen. Dies war um so erwünschter, als die Resorptionsverhältnisse der Zellulose der Kleie zweifellos recht ungünstig sind. Daher wird man sich fragen müssen, ob schon in der Zusammensetzung oder auch vielleicht nur in der morphologischen Struktur die Gründe für das Verhalten bei der Resorption begründet sind.

Kleiegehalt ist ein kurzer Ausdruck für das, was eigentlich den Kern des Objektes ausmacht für die Hüllen des Samenkorns, denn um diese handelt es sich in erster Linie oder auch ausschließlich. In dem einen Fall wird bei der Vermahlung viel, in dem anderen wenig oder selbst gar keine Kleie abgeschieden; daher gibt das Wort „Kleiegehalt" immerhin ein Bild von dem Produkte, das die Müllerei als Mehl liefert.

Die Kleie ist als Handelsartikel wichtig zur Viehfütterung, aber in ihrer Zusammensetzung wie naturgemäß nach dem Ausmahlungsgrad wechselnd im Futterwert. Wenn man von einer Ausmahlung des Weizens von 70 Prozent spricht oder jener des Roggens mit 65 Prozent, so sind das etwa Durchschnittszahlen.

Zur Untersuchung habe ich in folgendem Handelskleie benutzen müssen, wie sie eben in der Kriegszeit erhältlich war, ohne über den Grad der Ausmahlung etwas Näheres angeben zu können, was für die allgemeine Besprechung auch ohne weitere Bedeutung ist. Ich schicke zunächst die Analyse der Kleie voraus. Nach dem üblichen Untersuchungsverfahren beurteilt hatte sie folgende Zusammensetzung:

100 Teile enthielten:

2·7	Prozent	N,
11·87	„	Rohprotein,
2·11	„	Ätherextrakt (abzügl. Harze usw.),
7·26	„	Asche,
78·76	„	Rohfaser und N-freie Extrakte.

Die durchschnittliche Annahme für Futterkleie ist (pro 100 Trockensubstanz):

16·29	Prozent	Rohprotein,
4·78	„	Rohfett,
71·07	„	N-freier Extrakt und Rohfaser (davon 11·61 Rohfaser),
7·86	„	Asche.

Die mir vorliegende Kleie war also vor allem etwas N-ärmer. Die Bestimmung der Rohfaser wurde nach Hoffmeister ausgeführt, und ergab 12·1 Prozent, worüber noch einiges zu sagen sein wird.

Im Zusammenhang mit den früher gemachten Beobachtungen interessiert uns hier wieder zunächst der Pentosegehalt. Nach meinen Bestimmungen war die verwendete Handelskleie ziemlich reich an Pentose, denn sie enthielt 21·2 Prozent der Trockensubstanz.

Die Pentosen würden also, rein chemisch betrachtet, ein erheblicher Teil der Nährstoffe der Kleie sein; nach den Versuchen mit Birkenholz wird auch tatsächlich ein großer Teil verlustlos im Körper verwertet. Von den Pentosen verbleibt ein nicht unerheblicher Teil in der Rohzellulose, 11·02 Prozent von letztere waren Pentosen, wozu noch 11·66 Prozent Asche kamen. Da freie Pentosen in den Zellulosen nicht vorhanden sein können, so rechnet man in Pentosanwerte um, wobei man mit 0·883 zu multiplizieren hat, 11·03 Pentosen sind dann 9·14 Pentosane.

Mithin kommen von			12·1 Prozent Rohfaser
in Abzug Pentosane	1·14		
und Asche	1·28	Summe	2·4
			=9·7 Prozent Reinzellulose

Der Wert für Zellulose kann als zutreffender gelten wie die Rohfaserbestimmungen üblicher Ausführung.

Von der Kleie interessieren im wesentlichen die eigentlichen Zellhüllen, denn das beigemengte Mehl haben wir im Hinblick auf das Studium der Zellwandungen als eine unwillkommene Verunreinigung zu betrachten.

Die Reinigung der Kleie wurde ebenso vorgenommen, wie jene des Birkenholzes durch Anwendung der Diastase, die natürlich hier zunächst die Stärke zu entfernen erlaubt, dann durch Anwendung von Chloralhydrat. Es empfiehlt sich wenig Substanz und reichlich Wasser zur Diastasebehandlung zu verwenden. Die Prüfung auf vollkommene Umwandlung der Stärke ist erwünscht, doch stören kleine Reste derselben nicht, da sie ja in warmen Chloralhydrat löslich und filtrierbar ist. Die Hülsen erhält man dann schon dem äußeren Anschein nach so weit rein, daß sie im allgemeinen den zu stellenden Anforderungen entsprechen. Bei der Anwendung von Diastase und Auswaschen mit heißem Wasser, Alkohol und Äther, blieben von 100 Trockensubstanz 42·16 Prozent als Zellhüllen zurück. Durch Chloralhydrat wurde weiter von dem Zellinhalt weggenommen, so daß 34·97 Prozent der trockenen Kleie hinterblieben.

In den Hülsen hat man die wesentliche Pentosanquelle der Kleie vor

sich. Sie enthielten auf Trockensubstanz gerechnet 41·43 Prozent Pentosen = 36·58 Prozent Pentosane.

Dies gibt zu folgender Betrachtung Anlaß:

Die Kleie enthielt in 100 Teilen:

9·7 Prozent pentosan- und aschefreie Zellulose und
34·97 ,, Hülsen (aschefrei)

diese Hülsen bei 36·58 Prozent Pentosane 12·79 g Pentosane. Somit sind in den Hülsen nachgewiesen 9·7 Zellulose und 12·79 Pentosane, also 22·0 Teile näher bekannter Substanzen; der Rest[1]

34·97
−22·40
=12·57

mag auf Lignine und Hexosane usw. gewisse Mengen von Eiweiß und auf die Asche treffen. Die Pentosane sind also dem gegebenen Falle der Zellulose gegenüber in der Oberhand. Auf 9·7 Teile Pentosane und aschefreie Zellulose treffen 34·97 g Hülsen, auf 1 Teil Zellulose obiger Zusammensetzung 3·605 Teile Hülsen.

Berechnet man die Zusammensetzung dieser Kleieschalen, d. h. der noch eiweißhaltigen Zellmembran, so enthielt diese in 100 Teilen organischer Substanz 27·71 Prozent Reinzellulose,
36·58 ,, Pentosane,
35·71 ,, Rest.

Die Menge der Pentosen ist demnach außerordentlich groß. Die Birkenholzmasse bestand, wenn man Asche, Eiweiß, Fett in Abzug bringt, in 100 Teilen organischer Substanz aus:

41·31 Reinzellulose,
36·33 Pentosanen,
22·36 Prozent Rest.

Bei den Kleiezellen ist also ein sehr großes Übergewicht auf Seiten der Pentosen und des Restes, während das Birkenholz relativ viel Zellulose enthielt. Die beiden Zellmassen sind also sehr verschieden zusammengesetzt; die Kleie scheint mehr den Charakter der Verholzung an sich zu tragen, als die eigentliche Holzmasse.

Die in den Zellhüllen enthaltene Pentose deckt den Gesamtpentosegehalt der Kleie nicht. Dieser war: 21·2 g
34·97 Zellhüllen mit 41·45 Prozent Pentosen =14·49
66·03 Teile, die nicht Zellhüllen sind, enthalten = 6·71

Demnach in 100 Teilen dieses Restes rund 10·2 Prozent Pentosen.

[1] S. später S. 169.

Da es nicht wahrscheinlich erscheint, daß bei der Darstellung der Zellhüllen Pentosane abgelöst werden, da wenigstens bei Birkenholz weder bei der Behandlung mit Diastase, noch mit Chloralhydrat der Pentosangehalt bemerkenswert sich geändert hat, so müßte man schließen, daß auch in dem stärkehaltigen Anteil und eventuell in jenen aus Kleberzellen gelösten Stoffen, die manche für Nukleinstoffe halten, Pentosen enthalten sind.

Um dies zu prüfen, habe ich Roggenmehl mit Chloralhydrat in der Kälte verkleistert und durch Zentrifugieren die Zellhüllen soweit gesenkt, daß ein Abgießen des Kleisters möglich war. Er wurde durch Glaswolle filtriert und die Stärke mit absolutem Alkohol gefällt und getrocknet. Sie enthielt:

8·17 Prozent Pentosen.

Der Pentosengehalt der nicht als Zellhülle zu betrachtenden Teile mag ein schwankender sein, aber es mag der für Roggenmehlstärke gefundene Pentosengehalt immerhin als genügende Erklärung für den Umstand angesehen werden, daß nicht alle Pentose nur in den Zellhüllen steckt.

Eine solche Scheidung ist von prinzipieller Bedeutung, denn es ist anzunehmen, daß eben nur die in den verholzten Zellen befindlichen Pentosane gewisse Schwierigkeiten der Resorption finden, also kurz gesagt schwer verdaulich sind, während für die Pentosen beim Fehlen einer festeren Verbindung mit anderen Substanzen die Resorptionsmöglichkeit günstig sein muß; es wird darauf später zurückzukommen sein.

Vorerst mögen noch einige wichtige Eigenschaften der Zellmembran und Zellulose der Kleie erwähnt sein.

Ich habe beim Birkenholz gezeigt, daß dieses einen sehr großen Teil seiner Pentosen bei der Behandlung mit 5 Prozent Kalilauge abgibt (62·54 Prozent), die Gewichtsmenge der gelösten Substanzen ist aber nicht so beträchtlich (28·5 Prozent), die gelöste Substanz besteht daher zum überwiegenden Teil aus Pentosen ($^{7}/_{10}$).

Da die Kleie noch reicher an Pentosanen ist wie Birkenholz, so habe ich auch bei ersterer geprüft, wie sie sich zu 5 Prozent Kali (in der Kälte und in 24 Stunden) verhält. Aus der Analyse ergibt sich, daß die Löslichkeit der reinen Kleie im allgemeinen viel größer ist, als jene des Birkenholzes, da 43·55 Prozent der Trockensubstanz in Lösung gingen. Dagegen zeigte sich in der Löslichkeit der Pentosane die Kleie hinter dem Birkenholz zurückstehend, da nur 52·9 Prozent derselben gelöst wurden.

Der in Kali lösliche Anteil der Kleiehüllen enthält nur etwas mehr als die Hälfte des Gewichtes an Pentosen (52·93 Prozent), während wie oben erwähnt, beim Birkenholz $^7/_{10}$ des Auszuges aus Pentosen bestehen.

Da die Zellulose in 5 Prozent Kalilösung in der Kälte nicht angegriffen wird, darf man annehmen, es sei bei der geringeren Zerlegung von Pentosanen wohl der als ,,Rest" bezeichnete Anteil und noch vorhandenes Eiweiß von Kali angegriffen worden. Es genügt kurz darauf hinzuweisen, daß ich mich von der Reinheit der Zellhüllen an Stärke auch mikrochemisch jedesmal überzeugt hatte.

Oben S. 79 habe ich über den Abbau des Birkenholzes durch die nachfolgende Behandlung mit 5 Prozent Kalilauge, durch Herstellung der Zellulose und Behandlung dieser mit 5 Prozent Kalilauge zahlenmäßige Angaben gemacht.

Bei der Bedeutung, die W. Hoffmeister dem Kali löslichen Anteil der Zellulose beimißt, habe ich bei der Kleie entsprechende vergleichende Untersuchungen ausgeführt. Kleiezellulose wurde mit 5 Prozent Kalilauge in der Kälte behandelt. Sie zeigte sich viel löslicher als die Birkenholzzellulose. Es waren unlöslich 63·6 Prozent und löslich 36·4 Prozent; der unlösliche Anteil enthielt 7·89 Prozent Asche. Im unlöslichen Anteil waren 5·66 Prozent Gesamtpentosen enthalten. Die Veränderungen im Pentosengehalt der Zellhüllen der Kleie sind unter Beifügung der für Birkenholz früher erhaltenen Resultate in absoluter Zahl folgende:

		Birkenholz
Zellhüllen der Kleie enthalten in 100 Teilen an Pentosen	41·43 g	32·7 g
der in Kali unlösliche Teil davon (56·45 Teile mit 34·6 Prozent Pentose)	19·53	12·3
in 34·57 Teilen Zellulose[1] sind bei 12·12 Prozent Pentosen	4·18	4·8
in 21·98 g in Kali unlöslicher Zellulose mit 5·66 Prozent Pentosen	1·24	1·94

Die Gewichtsmenge an Trockensubstanz, welche sich nach den vorstehenden Eingriffen ergeben, sind:

		für Birkenholz
Ausgangsmaterial Zellhüllen . .	100 g	100 g
in 5 prozent. Kali unlöslich . .	56·45	71·4
Rohzellulose	34·57	45·0
in Kali unlösliche Rohzellulose .	21·98	41·1

[1] Berechnet aus dem Zellulosegehalt der Kleie und deren Zellhüllengehalt.

Die Pentosane werden in der Kleie ähnlich wie in Birkenholz in erster Linie durch die geschilderten Eingriffe betroffen und bis auf geringe Reste beseitigt; bei der Kleie ist der Unterschied im Verhältnis zum Birkenholz hauptsächlich in der erstmaligen Einwirkung der 5 prozentigen Kalilauge und den Eingriffen bei der Darstellung der Zellulose begründet, die Zellulose selbst verliert bei den Hüllen der Kleie und bei Birkenholz fast die gleiche Pentosemenge beim Ausziehen mit Kali.

Sieht man von den Pentosen ab, so sind die Zellmembranen der Kleie jedem Eingriff gegenüber weniger widerstandsfähig gewesen wie Birkenholz. Die erste Kaliextraktion, die Zellulosedarstellung und die Löslichkeit der Rohzellulose in Kali wirken auf Kleie stärker als auf Birkenholz.

Aber nicht das Lösungsvermögen der Kleierohzellulose ist der Masse nach das Auschlaggebendste, sondern die Einwirkung der ersten Extraktion. Wollte man, wie es *Hoffmeister* will, dieser Kalilöslichkeit einen besonderen Wert für die Beurteilung des Löslichkeitsvermögens im Darmkanal zuschreiben, so wäre es jedenfalls richtiger, nicht von den Eigenschaften der Zellulose, sondern von jenen der Zellmembranen selbst auszugehen.

Die in Lösung gehende Substanzgemische lassen sich für eine orientierende Beurteilung einigermaßen charakterisieren, wenn man die Menge der Stoffe von einem chemischen Eingriff zu dem anderen mit der Lösung der Pentose in Rechnung stellt. So wird aufgelöst:

Bei der Einwirkung von 5 Prozent Kali auf die Muttersubstanz:

bei den Kleiehüllen 43·55 g mit 22·01 g Pentosen,
bei Birkenholz 28·6 g Substanz mit 20·4 g Pentosen.

Bei der Behandlung der Rohzellulose:

bei den Kleiehüllen 12·59 g Substanz mit 2·94 g Pentosen,
bei Birkenholz 3·9 g Substanz mit 2·9 g Pentosen.

Der Prozentgehalt des *gelösten* Substanzgemisches ist:

Bei der Einwirkung der Kalilösung auf die Muttersubstanz:

bei den Kleiehüllen 50·72 Prozent Pentose, bei Birkenholz 71·3.

Bei der Behandlung der Rohzellulose:

bei den Kleiehüllen 23·3 Prozent, bei Birkenholz 74·3.

Beim Birkenholz werden also in beiden Fällen überwiegend Pentosen aufgelöst, bei den Kleiehüllen sind es aber noch andere Stoffe, die in Lösung gehen und zwar bei Behandlung der Rohzellulose, mehr von diesen nicht näher zu bezeichnenden Stoffen, als beim Behandeln der Muttersubstanz.

Bei Birkenholz hatte ich nachgewiesen, daß durch die Behandlung mit 5 Prozent Kali bei Zimmertemperatur die Zellulose nicht angegriffen und aufgelöst wird, da diese Beobachtung auch für die Zellhüllen der Kleie gilt, dann bliebe nur der Schluß übrig, daß die Rohzellulose der Kleie außer den Pentosen noch andere Stoffe enthielt, welche ähnlich wie die Pentosane durch Kalilösung abtrennbar sind.

Die Art der Zellmembranen drückt sich gewiß in der Verschiedenheit der bei der Analyse erhaltenen Rohzellulose aus, aber das vorliegende Material zeigt, daß die quantitativ wichtigen Vorgänge das Verhalten der Zellmembranen im ganzen betreffen. Daher muß es von großem Wert sein, bei der Betrachtung der Resorptionsverhältnisse im Darmkanal von letzteren ausgehen zu können.

Die analytische Betrachtung des Substanzgemisches, welche durch die Hoffmeistersche Zellulosebestimmung zerstört wird, zeigt, daß bei Birkenholz rund 50, bei Kleiehüllen rund 53 Prozent Pentosen in dem zerstörten Stoffgemische sind.

Bei der Mikroskopie der Weizenschalen hat sich ergeben, daß die äußersten Lagen aus Zellen bestehen, die einen Gehalt an Nährstoff ganz vermissen lassen, weshalb man daran dachte, die Mahltechnik soweit zu ändern, daß die äußerste Zellschicht vor der Mehlbereitung entfernt wird (Dekortikation).

Die Zellhüllen bei der Dekortizierung des Getreides.

Bei der Dekortikation fällt die äußere Lage der Hülsen des Kornes ab, im ganzen rund 5 bis 6 Prozent.

Die Untersuchung dieses Materiales bot zwar untergeordnetes Interesse, immerhin können die Ergebnisse als Ergänzung zu dem vorstehenden über Kleiehüllen gelten. Dem Äußeren nach sieht das Material strohig aus, enthält aber noch ein paar Körner der Frucht und mancherlei Abfall, wie bekannt. Die Dekortikationskleie stammte von Roggen, der nach einem modernen Verfahren bearbeitet worden war.

Der Gehalt an N betrug nur 1·52 Prozent = 9·5 Prozent Rohprotein bei 3·56 Prozent Asche. Nach der Bearbeitung des Materiales besteht es zum überwiegenden Teile aus den äußeren Zellmembranen, die Kleberschicht soll unversehrt beim Korn bleiben, weil die Dekortikation ein Vollkornmehl zum Ziele hat, das sozusagen alle Nährstoffe des Kornes erhalten will.

Der Pentosengehalt war ein sehr hoher = 37·17 Prozent der Trockensubstanz.

Die Verdauung mit Diastase und das Auswaschen mit heißem Wasser löst einen erheblichen, aber weit geringeren Teil der Masse auf, wie bei der Kleie. In Chloralhydrat löste sich nach der Wasser- und Diastasebehandlung kaum weiteres auf. Die Menge des Unlöslichen = Menge der Hülsen war 78·75 Prozent — der Rest gelöst = 21·25 Prozent; daraus sieht man auch die Armut an Stärkebestandteilen. Die Dekortikation arbeitete demnach in diesem Falle, was den Gewinn an reinem Korn anlangte, sehr gut. Nach Abzug der Asche verblieben 76·37 Prozent organische Substanz als Hülsen pro 100 Teile trockenen Ausgangsmateriales.

Die gereinigten Hülsen enthielten, wie jene aus der Kleie dargestellten, große Menge von Pentosen = 43·25 Prozent der Trockensubstanz

In der ursprünglichen Substanz waren:

37·17 Prozent Pentosen . . . . 37·17 g
78·75 Teile Hülsen mit 43·25 Prozent Pentosen geben . 34·06 „
in 21·22 Teilen des durch Diastase und Chloralhydrat
Gelösten waren also Pentosen . . . . 3·11 „

was einen Gehalt des Restes von 14·6 Prozent entspreche. Dieser mag zum Teil auf Mehlbestandteile kommen, die ja hier auch nicht ganz fehlten, wie schon die zwischengestreuten Körner erkennen ließen.

Aus den Beobachtungen über die Kleie, wie den hier angeführten über die dekortizierten Hüllen, ergibt sich, daß der Pentosegehalt der Mehle wesentlich von den beigemengten Hülsen abhängig sein muß.

Kleie und Pentosengehalt der Mehle.

Durch die vorherigen Untersuchungen ist der Beweis erbracht, daß wir in der Kleie, d. h. den Zellhüllen, eine wesentliche Quelle des Pentosengehaltes des Getreides von Weizen und Roggen sehen müssen, demgegenüber die Stärke als pentosearm, die andere Komponente der variablen Mischungsverhältnisse in dem Mehle darstellt.

Für die Kotbildung und den Verlust an pentosenhaltigem Material kommt in erster Linie der Zellhülsengehalt in Betracht. Es ist aber naheliegend eine kurze Betrachtung darüber anzustellen, inwieweit die Zellhüllen am Pentosegehalt des Getreides teilnehmen.

Um dieser Frage näher zu treten, habe ich geschälten dekortizierten Weizen in einer Laboratoriumsmühle gemahlen und dieses Material für den nachstehenden Versuch verwendet.

Das Mehl enthielt bei 2·02 Prozent Asche der Trockensubstanz 2·36 Prozent N = 14·75 Prozent Rohprotein, war demnach sehr eiweiß-

reich. Der Pentosegehalt betrug 10·46 Prozent der Trockensubstanz, ist also beträchtlich (die Methylenpentosen machten 10·03 Prozent der Gesamtpentosen aus).

Über den Pentosangehalt von Weizen finde ich nur eine Angabe bei Tollens (Zit. bei König, Bd. II, S. 763), welcher für eine bestimmte Weizensorte 10·44 Prozent gefunden hat, was auf Pentosen umgerechnet, etwas höher wäre, als der von mir gefundene Wert.

Die weitere Untersuchung des hergestellten Weizenmehles ergab folgendes: Der Gehalt an Rohzellulose betrug 4·65 Prozent der Trockensubstanz, diese Zellulose enthielt noch 5·02 Prozent Pentosen. Nach Abzug der letzteren und Berechnung auf aschefreie Substanz finde ich 4·26 Prozent Reinzellulose (asche- und pentosefrei). Schon aus dieser, nicht hohen Zellulosezahl folgt, daß die Hüllen der Kleie nicht die alleinige Quelle des Pentosengehaltes des Mehles sein können, denn der Pentosengehalt übertrifft selten in den Hüllsubstanzen die Reinzellulose erheblich an Gewicht.

Der Gehalt der in den Kleiehüllen enthaltenen Pentosen läßt sich zahlenmäßig in folgender Weise näher begrenzen:

Die Vollkornmehle sind nach meiner Beobachtung ausnahmslos nicht so fein gemahlen, daß man nicht ziemlich leicht, wenigstens einen großen Teil der Hülsen schon mechanisch abtrennen könnte.

Aus solchen Vollmehlen kann man durch Absieben einen Teil der Kleie, freilich noch eiweißhaltig und etwas stärkemehlhaltig, gewinnen. Ich habe früher[1] einmal 23 Prozent dieser leicht abscheidbaren Kleie gefunden, woraus sich dann durch einfaches Waschen im Koliertuch an 7·69 Prozent Hülsen der Trockensubstanz des Mehles feststellen ließen.

Für den vorliegenden Fall kann ich Genaueres angeben: Ich habe die Zellmembranen in der vorher angegebenen Weise, in Mehl wie bei der Kleie bestimmt. Im Mittel mehrerer Bestimmungen fand ich 11·42 Prozent Zellhüllen (organische Substanz) der Trockensubstanz. Letztere enthalten 42·02 Prozent Pentosen, woraus folgt, daß die Gesamtmenge der in den Zellhüllen enthaltenen Pentose 4·798 g ausmacht, d. h. 45·87 Prozent aller Pentosen, die in dem Vollkornmehle enthalten waren.

Die Kleiehüllen bedingen beim Brotkonsumenten den hohen Gehalt seiner Ausscheidungen an Pentosen, im Vollkornmehl selbst aber ist noch nicht die Hälfte aller Pentosen auf die Hüllen zurückzuführen.

---

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XVI. S. 63.

Aus dem Gesagten ergibt sich aber die Abhängigkeit des Pentosengehaltes der Mehle vom Ausmahlungsgrade des Getreides. Je mehr die Kleie, wie bei den feineren Mehlsorten, abgeschieden wird, um so weniger enthalten sie Pentosen.

Vergleicht man mit dem Vollkornmehl den Gehalt an Pentosen von feinem weißen Weizenmehl, so fand ich pro 100 g Trockensubstanz 4·68 Prozent Pentosen (wovon 14·5 Prozent Methylpentosen). Dies feinste Mehl enthielt also weniger als die Hälfte des Vollkornmehles an Pentosen. Sie enthalten aber viel mehr Pentosen als in der noch beigemengten Kleie, die ja auch da nicht ganz fehlt, vorhanden sein kann.

Nach Untersuchungen, die ich mittelst der Weender-Methode über den Zellulosegehalt von feinem Weizenmehl mit 30 Prozent Ausmahlung und Vollkornmehl (also etwa 95 Prozent Ausmahlung) gemacht, aber bisher nicht publiziert habe, war das Verhältnis zwischen beiden wie 0·17 Prozent : 1·51 Prozent, das feinste Mehl enthielt also nur 11·2 Prozent an Zellulose, die bei dem Vermahlungsprozeß zum Vollkornmehl als unvermeidliche Beimengung erscheinen. Der Pentosengehalt des reinsten Weizenmehles würde sich natürlich nicht aus den Kleiehülsen-Pentosen erklären können. Wenn das Vollkornmehl etwa 11 Prozent Zellhüllen enthält, so würde 11 Prozent davon nur 1·2 Prozent Hülsen ergeben und in diesen könnte nicht mehr als 0·5 g Pentosen enthalten sein.

Die Erklärung ist einfach. Trennt man die Eiweißstoffe und die sogenannten N-freien Extrakte auch von der Kleie ab — das kann durch Ausziehen mit Chloralhydrat geschehen —, filtriert die kleisterartige Masse durch eine Mischung von Glaswolle und Asbest, mit der man einen Goochschen Tiegel halb füllt, und fällt das Filtrat mit Alkohol und Äther, so enthält auch dies Gemenge reichlich Pentosen. So habe ich aus dem Vollkornmehl ein Präparat erhalten, das noch 4·77 Prozent (auf aschefreie Substanz berechnet) aufwies. Aus einem dunkelaussehenden Roggenmehl unbekannter Herstellung erhielt ich bei gleicher Behandlung sogar 8·17 Prozent Pentosen.

Wäscht man Mehl in kaltem Wasser aus und sammelt die Stärke durch Sedimentierung, so erhält man ein schön weißes Präparat, das keine qualitative Probe auf Pentosen gibt, also reine Stärke darstellt, zentrifugiert man aber die über der Stärke stehende trübe Flüssigkeit, so setzt sich nochmals Stärke ab, aber diese Menge ist klebriger und mehr grau gefärbt und gibt die Pentosereaktion.

Wir müssen uns dabei erinnern, daß die N-freien Extrakte zwar gewöhnlich als Stärke berechnet werden, aber doch Gemische verschiedener Substanzen sind.

Nach König (Bd. II, S. 763) nimmt man als mittlere Zusammensetzung der N-freien Extrakte bei Weizen pro 100 Trockensubstanz an, einen Gehalt von 3·75 Prozent Zucker, 2·93 Prozent Dextrin und Gummi, 73·07 Prozent Stärke.

Bei Weizen sind von dem Gemische der N-freien Extrakte 3·6 Prozent, bei Roggen 6·93 Prozent Dextrin und Gummi. Im einzelnen mögen die Weizen- und Roggensorten manche Verschiedenheiten aufweisen. Ich hatte keine Möglichkeit zurzeit auf die vorliegende Frage weiter einzugehen, der Pentosegehalt des kleiefreien Mehles bedarf nach dem eben Gesagten keiner weiteren Erörterung.

Gewöhnliches Roggenbrot der Kriegszeit enthielt zwischen 4·6 bis 6·3 Prozent der Trockensubstanz an Zellhüllen. Da es auch einen Zusatz von Kartoffelmehl, das sehr arm an Zellulose ist, gesetzlich erhalten mußte, so wird der Gehalt des Roggens selbst zwischen 5 bis 7 Prozent Zellhüllen betragen haben, was sehr reichlich erscheint.

Eine Beobachtung, welche sich vielleicht bei ausgedehnten Untersuchungen bestätigen läßt, ist nicht ohne Interesse. Sie betrifft den ungleichen Gehalt an Methylpentosen.

Aus den Analysen über Kleie und Mehl scheinen sich gewisse Beziehungen der Pentosen zum Gehalt an Methylverbindungen der Pentosen zu ergeben.

Ich stelle hier kurz das Ergebnis zusammen:

Prozentgehalt[1] der Pentosen an Methylverbindungen:

äußerste Hüllen des Getreidekornes	1·1	Prozent
Kleiehülsen	2·50	,,
Vollmehl	10·03	,,
feinstes Weizenmehl	14·5	,,

Der absolute Pentosengehalt der Mehlprodukte wird um so geringer, je kleiner der Gehalt an Zellhüllen ist; das habe ich schon erwähnt, merkwürdigerweise steigt aber die relative Menge der Methylpentose je mehr das reine Mehl überwiegt.

Für die Resorbierbarkeit der Pentosen haben wir also in den vorliegenden Versuchen eine ausreichende Erklärung gefunden. Durch den Kleiegehalt wird zwar der Pentosengehalt des Mehles erhöht, zu gleicher Zeit aber die Verdaulichkeit herabgesetzt, weil wenigstens die Aufnahme-

[1] Aus dem Verhältnis des Furfurolphorogluzids berechnet.

fähigkeit für die Zellmembranen der Zerealien eine sehr geringe ist, soweit man das nach den bisherigen Untersuchungen über „Zelluloseverdauung" zu beurteilen in der Lage ist.

Die Resorption der Pentosen im Brote ist bisher nur von König für den Menschen untersucht worden, allerdings nicht bei reiner Brotfütterung, sondern bei Zugabe von Brot zu einer aus Fleisch und Fett bestehenden Grundnahrung. Er fand als Pentosenverlust bei Soldatenbrot 20·24 Prozent, bei Grahambrot 12·97 Prozent.

König fügt dann hizu: Daß die Pentosane der beiden kleiehaltigen Brotsorten geringer ausgenutzt sind als die der Gemüsearten, mag darin seinen Grund haben, daß hiervon eine größere Menge verzehrt und der Bedarf an Kohlehydraten durch die leichter ausnutzbare Stärke gedeckt wurde, während bei den weniger zusagenden Gemüsen als einseitige Kost die Pentosane in höherem Maße die fehlenden Kohlehydrate ersetzt haben.

Diese Erklärung könnte wenig befriedigen; schon aus den von mir nachgewiesenen Verhältnissen ergibt sich für die Zukunft die Notwendigkeit, zwischen leicht resorbierbaren nicht an Zellwände gebundenen Pentosen und den als Pentosanen in der Zellwand enthaltenen schwer verdaulichen zu trennen.

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen von Weizen und Roggen habe ich noch eine Reihe von Analysen ausgeführt, die sich auf einige andere wichtige Volksnahrungsmittel beziehen, den Reis, Mais, die Hirse, die Leguminosenmehle, Erbsen, Bohnen und Linsen. Beim Reis habe ich außer einer Probe meiner Nahrungsmittelsammlung, aus poliertem Reis, ein Mehl zur Analyse hergestellt. Alle Proben mit Ausnahme der Linsen waren völlig gleichartiger Natur, nur letztere ließen bereits mit bloßem Auge erkennen, daß etwas Schalen mit vermahlen worden sind. Die Versuche sollen nur eine Stichprobe über die Art des Pentosengehaltes im allgemeinen sein.

Die Ergebnisse sind folgende:

	Pentosengehalt	Asche
Feinstes Reismehl	3·04 Proz.	0·95 Proz.
zerkleinerter polierter Reis . .	2·86 „	1·29 „
feinstes Maismehl	3·09 „	0·31 „
Hirse	3·00 „	2·87 „
feinstes Weizenmehl	4·68 „	2·20 „

Die in vorstehender Zusammenstellung aufgeführten Mehle aus Reis, Mais und Hirse sind alle wesentlich pentoseärmer als das Weizenmehl, unter sich sind sie so gut wie garnicht verschieden. Der Roggen ist, wie schon erwähnt, gehaltreicher an Pentosen wie der Weizen.

Da diese in feinen Mehlen vorkommenden Pentosen nicht an Zellhüllen gebunden sind oder wenigstens nur in sehr kleinen Mengen auf einen solchen Zellhüllengehalt zurückzuführen sind, wird man sie bestimmt — wie das Stärkemehl der aufgeführten Nährmittel — als leicht resorbierbare Pentosen ansehen können, im Gegensatz zu den schwer oder nicht resorbierbaren Pentosen der Kleie und schalenhaltigen Mehlsorten.

Von Hülsen habe ich nur die Reiskleie untersucht; Die Zellmembran enthielt in 100 Teilen:

39·19 g Zellulose,
26·95 g Pentosen,
33·86 g Restsubstanzen.

Da die Leguminosenmehle so vielfach benutzt werden, auch das Ausgangsmaterial zu einer großen Anzahl von Nährpräparaten bilden, habe ich noch Erbsen-, Bohnen- und Linsenmehl untersucht. Bohnen- und Erbsenmehl unterschied sich wenig im Äußeren von Weizen- und Roggenmehl guter Ausmahlung, beim Linsenmehl waren Spuren von Schaleteilchen mit bloßem Auge erkennbar. Für den Gehalt an N-freien Extraktstoffen wird nach König (Bd. II, S. 839) für 100 Teile Trockensubstanz angegeben:

Erbsen . . .	64·45	bei	3·13 Prozent Asche
Bohnen . . .	65·88	,,	3·76 ,, ,,
Linsen . . .	63·74	,,	2·89 ,, ,,

Der Pentose- und Aschegehalt meiner Proben war: für 100 Teile trocken:

	Pentose	Asche
Erbsen	5·22	2·75
Bohnen	8·36	4·49
Linsen	4·92	4·31

Die Leguminosenmehle waren also im ganzen genommen ziemlich reich an Pentosen, was um so mehr ins Gewicht fällt, als ihr Gehalt an N-freien Extraktstoffen überhaupt kleiner ist als bei den Brotfrüchten, Reis, Mais usw. Der Pentosengehalt war am höchsten bei meinem Bohnenmehl. Methylpentosen fanden sich nur in allerkleinsten Mengen.

Über die Ausnutzbarkeit der Zellmembranen der Kleie.

Von

Max Rubner.

I.

In den vorhergehenden Abhandlungen habe ich die Notwendigkeit auseinandergesetzt, den Begriff der Zellhüllenverdaulichkeit in die Frage der Ausnützbarkeit pflanzlicher Nahrungsmittel aufzunehmen. Wenn mir dieser Gesichtspunkt bei der Ausführung meiner Ausnützungsversuche (1878 bis 1880) an Vegetabilien auch keineswegs entgangen war, so fehlte es doch damals an der Möglichkeit, die hiermit verknüpften Fragen zu lösen. Manche wichtigen Zellmembranbestandteile, die man heute leicht bestimmen kann, wie die Pentosen oder Pentosane, waren ganz unbekannt, die Natur der Zellmembranen selbst in chemischer Hinsicht noch ein unbebautes Feld.

Die Isolierung der Zellhüllen, wie sie in der vorhergehenden Untersuchung für die Kleie durchgeführt, versetzt uns in die Lage, genaue Auskunft über die Natur des verfütterten Nahrungsmittels zu geben und ebenso lassen sich die Methoden der Isolierung der Zellmembranen, wie sie sich für die zahlreichen Versuche mit Birkenmehl gut bewährt haben, auch auf Kot anderer Herkunft anwenden.

Somit kann man also die Beteiligung der Kleie an der Kotbildung sicherlich jetzt genau feststellen und auch die weiteren Fragen behandeln, ob die Kleie ein Reizmittel für den Darm ist, die Sekretionen stark in Anspruch nimmt und dadurch Verluste an Körperstoffen herbeiführt; bei den Birkenmehlen war ausgesprochen eine solche Rückwirkung nicht zu verzeichnen.

Eine weitere Klärung der Ausnützungsvorgänge im Darm ist also möglich und für die Kleie wegen der großen Bedeutung für die Ernährung durch Brot dringend erwünscht, freilich an dem durch mich zuerst festgestellten Gesamtresultat, daß die Kleie eine Quelle der geringen Ausnützbarkeit mancher Brotsorten ist, was ja auch allseitig bestätigt werden

wird, läßt sich nichts ändern, aber die Resultate werden prägnanter und schärfer, indem sie die Rolle dieser Zellmembranen uns darlegen können.

Die meisten Ausnützungsversuche über Brot haben nur praktische Ziele verfolgt und die Förderung der Erklärung der Vorgänge im einzelnen beiseite gelassen. Man ist deshalb auch im Laufe von Jahrzehnten über die Grenzen der ersten Feststellungen nicht hinausgekommen, die Lage würde auch dauernd die gleiche geblieben sein, wie man aus den jüngsten Veröffentlichungen auf diesem Gebiete über die Brotausnützung von Hindhede sehen kann, der streng nach altbewährtem Muster und ohne jeden Fortschritt aussprechen zu müssen glaubt, daß das Ziel der Ausnützungsversuche durch die Kenntnis der ausgeschiedenen Kotmengen voll befriedigt werde und diese völlig verflachende Betrachtung als etwas besonders Praktisches empfiehlt. Eine derartige Rückständigkeit muß auf das Energischste zurückgewiesen werden.

Die Bewertung der Ausnützung nach der Menge der Kottrockensubstanz ist völlig irreführend, da der Gehalt an Asche gerade bei Kotsorten wechselnd und nicht immer von der Versuchskost, sondern auch von der vorausgehenden Kost und dem Salzreichtum des Körpers abhängig sein kann.

Auch die organische Substanz für sich betrachtet kann kein genaues Bild geben, da sie sehr wechselnde Zusammensetzung besitzt und der Kot kein ausschließlicher Rest unverdauter Nahrungsmittel ist. Einzelne Bestandteile eines solchen gehen in der Ausnützbarkeit gewissermaßen ihre besonderen Wege. Wie schon oben betont wurde, sollen die Rohergebnisse eines Ausnützungsversuches nicht sich Selbstzweck sein, sondern eine weitgehende analytische Zergliederung soll eine Erklärung der Resorptionsvorgänge und die Gründe des besonderen Verhaltens eines Nahrungsmittels erbringen.

II.

Auf die morphologischen Verhältnisse der Kleie einzugehen, erübrigt sich, da diese Seite der Frage ausreichend von den verschiedensten Autoren behandelt worden ist. Dagegen sind die Kleieschalen bis jetzt noch nicht näher in reinem Zustande, befreit von den eigentlichen Mehlteilen, untersucht worden. Die vorhergehende Abhandlung gibt über die Zahlenverhältnisse nähere Auskunft und läßt auch die Grenzen der Verteilung der Kleie auf feine Mehle und Vollkornmehle erkennen. Im nachfolgenden behandele ich nur die Bedeutung der Weizenkleie.

Für die Zusammensetzung der Kleieschalen habe ich für 100 Teile organischer Substanz

27·71 Prozent Reinzellulose,
36·58 ,, Pentosane,
35·71 ,, Rest

angegeben. In diesem Rest sind aber noch Teile der Proteinsubstanzen enthalten, die sich ebensowenig wie durch einfache Verdauung durch die angewandten Chemikalien völlig entfernen lassen. Bei einem N-Gehalt von 1·48 Prozent berechnet sich ein Proteingehalt von 9·38 Prozent der organischen Substanz. Mit Rücksicht auf letzteren und nach Abzug desselben ist die Zusammensetzung dann für 100 Teile proteinfreier Substanz

29·47 Prozent Reinzellulose,
40·48 ,, Pentosane,
30·05 ,, Restsubstanz.

Die Zellhüllen sind zellulosearm, aber außerordentlich reich an Pentosanen und anderen Substanzen, die als Begleiter der Zellulose auftreten.

Im Vergleich zu den bisher untersuchten Birkenpräparaten liegt in der Kleie eine Zellmembran von wesentlich anderer Zusammensetzung vor. Das weiße Birkenmehl enthielt in 100 Teilen Zellmembrane:

46·39 Prozent Zellulose,
28·13 ,, Pentosan,
25·48 ,, Rest,

während ein braunes Birkenpräparat, auf das ich in einer späteren Abhandlung zu sprechen komme, nur aus Zellulose und Pentosanen bestand (bei 80 Prozent an Zellulose); die übrigen Begleitstoffe waren durch die Schleifweise dieses Präparates in lösliche Verbindungen übergeführt.

Trotz der großen Unterschiede in der Zusammensetzung war die Resorption beider Birkenpräparate nicht wesentlich verschieden und es fand sich bestätigt, was ich bereits bei den ersten Veröffentlichungen über die Resorption des Birkenholzes ausgesprochen habe, daß der morphologische Aufbau für die Resorption der Zellwände offenbar wichtiger ist, als der chemische Aufbau.

Andererseits zeigt aber eine wesentliche Verschiedenheit von Zellmembranen verschiedener Pflanzen durch die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung doch wieder an, daß die Möglichkeit verschiedenen Verhaltens vorliegt. Das Entscheidende bleibt daher stets das Experiment der Verfütterung einer Substanz. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, mußte es wichtig erscheinen, die Kleie direkt auf die Verdaulichkeit zu untersuchen. Die bisherigen Experimente am Menschen bieten zur Beurteilung kein abschließendes Material. Sie lassen wohl den

nachteiligen Einfluß reichlichen Kleiezusatzes wahrnehmen und zeigen, daß vom Standpunkt der Zelluloseausnützung betrachtet, bei den an Zellulose reichen Vollkornmehlen die letztere ein sehr ungünstiges Verhältnis der Resorption aufweist. Abgesehen von dieser Unmöglichkeit eines abschließenden Urteiles scheint es mir unerläßlich, einen Vergleich der Resorptionsfähigkeit der Kleiehüllen mit anderem Material nur unter absolut vergleichbaren Bedingungen auszuführen, d. h. am Hunde selbst und unter den gleichen Ernährungsverhältnissen, also unter Fütterung mit Fleisch, da gewiß der „Nährboden", in welchem eine solche Zellmembran der Verdauung unterworfen wird, nicht nur nicht gleichgültig ist, sondern wie sich mir allmählich mehr und mehr aufdrängt, einen recht wichtigen Faktor in der Resorption darstellt.

III.

Leider war mein Kleievorrat, mit welchem ich die ersten analytischen Untersuchungen ausgeführt habe, erschöpft, so daß anderes Ausgangsmaterial gewählt werden mußte. Unter einigen Schwierigkeiten erhielt ich ausländisches Kleiematerial unbekannter Herkunft, das nicht sehr frisch erschien, denn es fanden sich ziemlich viele Reste von Insekten vor, wie sich bei der Reinigung des Materials ergab.

Die Vorbereitung des Materials geschah in der Weise, daß Kleie mit heißem Wasser vielfach ausgewaschen und ausgepreßt wurde bis nichts mehr in Lösung ging, dann wurde Diastase zugesetzt und bei Brutwärme einen Tag stehen gelassen, wieder sorgfältig in kaltem und kochendem Wasser ausgewaschen, mit Alkohol und dann mit Äther ausgezogen. Das Ausziehen mit Chloralhydrat wurde unterlassen, da der Aufwand an Reagens vermieden werden mußte und die technische Ausführung zu schwierig schien, dafür wurde das Rohmaterial genau auf seine Löslichkeit in Chloralhydrat analytisch untersucht.

Von dem Material erhielt der Hund zu 1000 g Fleisch täglich 75 g lufttrockene Substanz, da ich für das Birkenholz bei 75 g täglicher Zufuhr das Optimum der Aufnahmefähigkeit gefunden hatte, sollte hier die gleiche Menge gefüttert werden. Der Versuch dauerte drei Tage; mit einer Abgrenzung durch Knochen fünf Tage. Das Auffälligste war, daß schon nach den ersten 24 Stunden Kot entleert wurde, dieser letztere war höchst eigenartig, er bestand aus der Kleiemasse, die schon bei der Entleerung pulverig zerfiel, unter sich also keinen festen Verband hatte, wie etwa der Birkenholzkot. Von Resten des Fleischkotes war nichts zu sehen — offenbar war er auf die ganze Masse gleichartig verteilt. Gärung und Gasbildung war nicht vorhanden, ebensowenig eine ausgeprägt saure Reak-

tion. Ähnlich wie bei der Birkenfütterung fehlte auch der sonst ausgeprägte Fäkalgeruch.

Die Zusammensetzung der verfütterten Kleie war folgende:

100 Teile Trockensubstanz enthielten:

2·49	Prozent	Asche,
97·51	,,	organische Substanz,
41·54	,,	Pentosen = 36·67 Prozent Pentosane,
69·14	,,	organische proteinfreie Zellmembran mit 31·20 g Pentosen = 27·54 g Pentosan,
20·00	,,	asche- und pentosanfreie Zellulose,
5·46	,,	Fett,
2·33	,,	N = 14·56 Prozent Rohprotein.

Aus dieser Zusammensetzung läßt sich für die reine (asche- und proteinfreie) Kleiezellmembran (organisch) folgende Zusammensetzung berechnen:

100 Teile enthalten:

28·05	Prozent	Zellulose (asche- und pentosanfrei),
39·83	,,	Pentosane,
32·12	,,	Rest.

Dies Ergebnis stimmt mit der oben untersuchten Kleiezellmembran gut überein.

Die verfütterte Kleie enthielt pro Tag:

69·50	g	Trockensubstanz,
1·73	,,	Asche,
67·77	,,	Organisches,
28·85	,,	Pentosen,
48·05	,,	organ. Zellmembran mit 21·81 g Pentosen = 18·90 g Pentosan,
13·90	,,	Zellulose,
3·79	,,	Fett,
1·62	,,	N = 10·12 g Rohprotein.

Die Zusammensetzung des entleerten Kotes war folgende:

100 g Trockensubstanz enthielten:

15·50	g	Asche,
84·49	,,	Organisches,
29·67	,,	Pentosen = 26·20 Prozent Pentosane,
35·26	,,	Zellmembran mit 13·35 g Pentosen = 11·78 g Pentosan,
17·04	,,	asche und- pentosanfreie Zellulose,
3·72	,,	Fett,
2·62	,,	N.

Über ein Drittel des Gesamtkotes machen die Kleiehüllen aus; ungemein groß ist der Pentosegehalt mit 29·7 Prozent der Trockensubstanz.

Im Kot nach Kleiefütterung mit Fleisch war pro Tag enthalten:

61·23 g Trockensubstanz,
9·49 ,, Asche,
51·74 ,, Organisches,
18·17 ,, Pentosen,
21·59 ,, Zellmembran mit 8·29 g Pentosen = 7·32 g Pentosan,
10·43 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
2·28 ,, Fett,
1·60 ,, N.

Zum Vergleich muß mit Rücksicht auf die Resorbierbarkeit der Kleie die Kotbildung bei reiner Fleischfütterung herangezogen werden; bei 1000 g Fleisch beträgt die Ausfuhr im Kot täglich

15·47 g Kot,
10·38 ,, Organisches,
0·129 ,, Pentosen,
1·093 ,, N.

Vorerst will ich die Gesamtausnützung der verfütterten Kleie betrachten, wobei neben der Zellmembran natürlich auch die übrigen dieser beigemengten Stoffe zur Wirksamkeit kommen.

Die Menge der organischen Substanz, welche mit dem Kot gegenüber reiner Fleischfütterung ausgeschieden wurde, betrug im Tag in g

51·74
– 10·38 (Fleischperiode),
41·36

d. h. sie war auf das Fünffache gesteigert, was gewiß auch für den Hundedarm eine wesentliche Belastung darstellt. Die rasche Entleerung des Kotes, schon am ersten Tage nach der Verfütterung, zeigt die räumliche Überfüllung des Darmes.

Die N-Ausscheidung war auf 1·62 g gestiegen, während sonst bei Fleisch allein 1·09 g zur Ausscheidung kamen; es rühren also mindestens 0·53 g N von dem in der Kleie eingeführten Anteil her, und sind also als unverdaut ausgeschieden worden. Hinsichtlich der organischen Stoffe im allgemeinen läßt sich die Ausnützung am besten an der Hand der kalorimetrischen Bestimmungen beurteilen.

Die gefütterte Kleie hatte eine Verbrennungswärme von 4·509 kg-Kal.

pro 1 g Trockensubstanz, der Kot hatte eine Verbrennungswärme von 4·200 kg-Kal. pro 1 g Trockensubstanz. In den täglich entleerten 61·23 g trockenen Kotes waren also 257·16 kg-Kal. enthalten, während die Verbrennungswärme des reinen Fleischkotes **67·74** kg-Kal. enthielt, somit wird durch Fütterung mit Kleie 189·42 kg-Kal. pro Tag mehr an Kalorien ausgeführt.

Die tägliche Zufuhr an Kalorien in der Kleie war (69·5 × 4·509) 313·4 kg-Kal. Daraus ergibt sich ein Verlust von **60·44** Prozent der in der Kleie gefütterten Kalorien überhaupt; ein Verlust von solcher Höhe ist zweifellos sehr bedeutend, zumal gemessen im Vergleich zu anderen Nahrungsmitteln oder dem kleiefreien Mehl überhaupt.

Man könnte versucht sein, den Verlust der Kleie mit dem Birkenmehl zu vergleichen, doch darf man nicht vergessen, daß vorläufig die reine Zellmembran nicht in ihrer Resorbierbarkeit in Frage steht, sondern das verfütterte Gemenge von Stoffen, das allerdings zum größten Teil aus Zellmembran bestand. Mit diesem rechnerischen Ergebnis ist das Gesamtresultat zusammengefaßt, wie es für die Bewertung solcher Kleie für die Volksernährung etwa zutreffend ist; mehr Gewinn als das Errechnete kommt uns nicht zugute.

Es ist aber noch nicht erwiesen, wie der Verlust im einzelnen zustande kommt, denn es wäre denkbar, daß die Menge des Fleischkotes durch Darmreiz gesteigert worden ist, wodurch die Vergleichszahl für die Fleischkotkalorien nicht 67 kg-Kal., sondern eine höhere gewesen sein könnte, die Möglichkeit einer Minderung der Kotbildung kann ich außer Betracht lassen. Das praktische Ergebnis bleibt dann zwar ungeändert, die Beurteilung der Nahrungswirkung wäre aber eine andere, die Resorbierbarkeit der Kleiezellmembran wäre größer, der Verlust geringer, dafür jener der Bestandteile der Fleischverdauung gesteigert.

Die Entscheidung in dem einen oder anderen Sinne ist gesundheitlich nicht ohne Bedeutung, sie läßt sich sehr einfach durch folgende Überlegungen bringen.

Im Kot war 21·59 g Zellmembran enthalten. Wenn diese in ihrer Verbrennungswärme mit der eingeführten Kleie annähernd übereinstimmte (4·624 Kalorien pro 1 g organisch[1]), so treffen auf die Zellmembran 99·83 kg-Kal. Außerdem rührt mindestens ein Teil des Ätherextraktes von den unverdauten Zellmembranen her, ferner etwas Protein, etwa (3·15 g) und außerdem noch jener Anteil an Pentosen, der nicht in der

[1] Die organische Substanz des Kotes liefert 4·635 kg-Kal. pro 1 g, zwischen der Einfuhr und Ausfuhr ist in kalorimetrischer Hinsicht so gut wie kein Unterschied. Ich habe daher verzichtet, die Hülsen aus Kot direkt auf die Verbrennungswärme zu untersuchen.

Zellmembran enthalten ist (9·88 g). Schätzt man diese anderweitigen Verluste, so erhält man

für das unverdaute Protein (3·15 × 5·8)	18·2 kg-Kal.
für das 2·28 g Fett (× 9·3)	21·2 ,,
für die Pentosen als Xylose berechnet (9·88 × 3·746) .	37·0 ,,
	76·4 kg-Kal.
in Zellmembran	+ 99·8 ,,
Summe:	176·62 kg-Kal.

Für die Mehrung der Verbrennungswärme des Kotes nach Kleiezufuhr wurde nach der direkten Bestimmung 189·4 kg-Kal. gefunden.

Somit stimmen Schätzung und direkte Berechnung so weit, daß man behaupten darf, durch die Beimengung der Kleie ist eine Störung der durchschnittlichen Kotbildung aus dem verfütterten Fleisch kaum eingetreten oder sie bewegt sich doch innerhalb sehr enger Grenzen, indem die Steigerung obige Differenz (189·4 — 176·2) 13·2 kg-Kal. vielleicht etwas überschreitet. Der letztere Wert muß zur Beurteilung mit dem Kalorienwert des Fleischkotes 67·7 in Beziehung gesetzt werden. Jedenfalls kann man sagen, daß ein sicherer Beweis für eine nennenswerte Zunahme der mittleren Fleischkotbildung nicht vorliegt; dies Ergebnis steht auch im Einklang mit meinen früheren Beobachtungen über die Ernährung des Menschen mit Weizenbrot aus Vollkornmehl.

Dies Resultat stimmt also im ganzen sehr gut zu der Vorstellung, die ich auf Grund anderer Ergebnisse meiner früheren Ausnützungsversuche immer vertreten habe, nur können wir es jetzt mit größerer Bestimmtheit aussprechen. Völlig unverdaulich sind die Bestandteile der eigentlichen Zellmembran der Kleie nicht, ihr Nutzeffekt ist aber selbst unter den günstigen Bedingungen, die in diesem Tierexperiment gegeben waren, gering. Die Beigabe von Kleiezellmembranen zu Fleisch überschritt das Verhältnis, das ich für die günstige Resorption bei Birkenmehl festgestellt hatte, nicht. Auf 1014·6 kg-Kal. in dem zugeführten Fleisch trafen 313·4 kg-Kal. Zufuhr als Kleie. Von 1328 Gesamtkalorien waren 313·4 Kleiekalorien = 23·59 Prozent; der Nutzeffekt betrug (313·4 — 189·4) = 124·0 kg-Kal., was auf den täglichen Bedarf des Tieres berechnet (1014·6 kg-Kal.), nur 12·3 Prozent ausmacht. Nach den Versuchen an Birkenmehl und der starken Kotbildung bei der Kleiefütterung beurteilt, wird man durch Steigerung der absoluten Zufuhr kaum einen höheren prozentigen Nutzeffekt erzielen können. Versuche an Wiederkäuern mit Fütterung reiner Kleie auszuführen, war ich nicht in der Lage, möglicherweise ist deren Resorptionsvermögen erheblich größer.

Unter der Annahme, daß bei Kleiezellmembranfütterung nicht mehr Kotstickstoff aus Fleisch gebildet wurde, wie bei reiner Fleischfütterung, sind von 1·62 g N, die in Kleie vorhanden waren, 1·60 − 1·09 = 0·53 g Kleie-N zu Verlust gegangen = 31·8 Prozent; wie angenommen werden kann, wird der resorbierte N solches N-haltiges Material, das nicht endozellular liegt, umfaßt haben.

Ich wende mich nun zur Betrachtung der Verluste jener Stoffe, die als eigentliche Bestandteile der Zellmembran betrachtet werden können (die Gesamtpentose ausgenommen).

Der Prozentverlust ist folgender gewesen:

an Pentosen überhaupt . . . . 69·46 Prozent
,, Zellmembran . . . . 44·72 ,,
,, Pentosen in der Zellmembran . . . . 38·73 ,,
,, Zellulose . . . . 75·04 ,,

Das Ergebnis ist nach verschiedenen Richtungen hin von wesentlichem Interesse. Die eigentliche Kleiezellmembran ist viel besser resorbierbar als das Birkenholz, etwas mehr als die Hälfte wird resorbiert. Von den Bestandteilen der Zellmembran ist die Zellulose aber schlecht resorbierbar, schlechter sogar als jene des Birkenholzes, während die Pentosane der Zellmembran etwas besser aufgenommen werden, als die Gesamtmasse der Zellmembran. Was oben als Restsubstanz bezeichnet wurde, muß gut resorbierbar sein, denn sonst könnte bei der mangelhaften Resorption der Zellulose nicht ein günstiger Wert der Zellmembranresorption überhaupt zustande kommen. Während bei dem Birkenholz die im Kote hinterbleibende Zellmembran keine sehr wesentlichen Unterschiede im Vergleich mit der gefütterten Zellmembran zeigte, und nur eine etwas bessere Resorption der Pentosane ergab, muß hier die im Kot hinterbleibende Zellmembranmasse eine erhebliche Abweichung vom „Futter“ gehabt haben. Dies läßt sich am besten dartun, wenn man die aus dem Kote dargestellte Membran nach Kleiefütterung mit der Zufuhr vergleicht.

Es findet sich für 100 Teile organische Zellmembran:

	in der Zufuhr	im Kot
Zellulose	28·05 Prozent	49·29 Prozent
Pentosane	39·83 ,,	33·98 ,,
Rest	32·13 ,,	17·72 ,,

Die einzelnen Bestandteile der Zellwand werden also in sehr verschiedener Weise angegriffen, ein erheblicher Teil verschwindet im Darm, doch hält sich die Zellulose besser den lösenden Kräften gegenüber wie der andere Teil der Zellmembran. Da die Zellulose aber die eigentliche Grundsubstanz der Zellen darstellt, so ist dieser Umstand doch bemerkenswert;

die Zellen verlieren nur teilweise die Stoffe, die sich mit dem Alter der Zellen allmählich anlagern. Durch die schwere Löslichkeit der Zellulose werden wohl auch die Klebereiweißstoffe hinsichtlich ihrer Löslichkeit behindert. Die gefütterte Kleie hat in der Zellmembran 13·55 Prozent Rohprotein und die aus dem Kot dargestellte auch denselben Wert 13·55 Prozent. Zur Resorption gelangt nur jener Teil des N, der wahrscheinlich durch Zertrümmern der Zellen überhaupt frei geworden war. Das Resultat ist also die beste Bestätigung der von mir aus meinen älteren Versuchen am Menschen abgeleiteten Vorstellung der Undurchgängigkeit der Kleiehüllen für die Verdauungssäfte.

Die Veränderung der Zusammensetzung der Zellmembran lehrt uns, daß die besondere morphologische Lagerung der einzelnen Stoffe der Resorption bestimmte Wege weist, offenbar sind jene Stoffe, welche die Restsubstanz bilden, von dem Zellulosegerüste losgelöst worden.

Schon bei den Birkenversuchen konnte ich dartun, daß die Pentosane, auch wenn sie gelöst werden, nicht sofort zur Resorption gelangen. Im Birkenkot war nicht die Gesamtheit der Pentosen an die Zellmembranen gebunden. Auch bei der Kleie verhält es sich ebenso. Nur ist außerdem bemerkenswert, daß hier die Pentosen überhaupt langsam zur Resorption kamen, denn die Pentosen in ihrer Gesamtheit waren schlecht resorbiert, obschon die Herausschälung von Pentosen aus der Zellmembran deutlich nachzuweisen ist.

Man ersieht diese Verhältnisse ohne weiteres aus der Tabelle (S. 139). Im Kot waren 18·17 g Gesamtpentosen vorhanden, in der dargestellten Zellmembran aber nur 8·29 g, also noch nicht die Hälfte, es bleibt also nur der Schluß übrig, daß pentosehaltige Substanzen sich abgetrennt haben, welche nicht resorbierbar waren. Auch in der gefütterten Kleie waren solche Stoffe nachweisbar, denn erstere enthielt 41·54 Prozent Pentosen, während nur 31·2 Prozent in der Zellmembran enthalten waren oder in absoluter Zahl der Zufuhr (28·85 – 21·81) 9·00 g. Dieser Wert stimmt fast vollkommen mit jener im Kot gefundenen Differenz zusammen (18·17 – 8·29) = 9·88 g, es hat also den Anschein, als seien in der Kleie pentoseliefernde Stoffe vorhanden, die zwar in die Lösungsmittel übergehen, im Darm aber nicht aufgenommen werden.

An allen Versuchstagen wurde der Harn auf Pentosen untersucht. Die Menge des Furfurols auf Pentosen berechnet, ergab als tägliche Ausscheidung 0·190 g, das ist im Verhältnis zu der Zufuhr und Resorption der Pentosen der Kleie eine ganz verschwindende Menge.

Der Kot nach gemischter Kost
und sein Gehalt an pflanzlichen Zellmembranen.

Von

Max Rubner.

Mit dem Zeitpunkt der sogenannten Brotverordnungen mit Beginn 1915 wurde auch das Interesse auf dieses Nahrungsmittel gelenkt und wenn schon im Herbst 1914 die Brotherstellung manchmal Mängel zeigte, so war das doch in ganz hervorragendem Maße in jener Periode der Fall, als die Brotkarte zur Anwendung kam, d. h. die Einsicht allgemein wurde, daß gespart werden müsse und die Ausmahlung etwas stärker wurde.

Diese sind vielfach, sowohl bei dem eigentlichen Laibbrot, wie bei dem kleinen Gebäck hervorgetreten und jedenfalls nur zum Teil auf die Zugabe von Kartoffeln zurückzuführen gewesen, jedenfalls sind sie auch späterhin nicht ganz behoben worden, was auf den Mangel an geeigneter Backtechnik hinweist. Ganz zweifellos zeigte sich in weiter Verbreitung ein belästigendes Gurren in den Därmen und im allgemeinen eine starke Vermehrung der Darmgase, ohne daß es aber zu dünnen Stühlen zu kommen brauchte. Dünne wasserreiche Stühle treten hauptsächlich zugleich mit Gasbildung, Butter- und Essigsäurebildung bei dem mit Sauerteig hergestellten Brote auf. Dieser Zusammenhang war aber meist nicht gegeben.

Ich habe oft festgestellt, daß der Trockengehalt des Kotes sogar ein recht hoher war — 19 bis 22 Prozent, der bei der starken inneren Reibung der pflanzenfaserhaltigen Masse zur Entleerung eine stärkere Bauchpresse nötig macht.

Man konnte sich dem Eindruck nicht entziehen, daß das Brot besonders in der ersten Zeit der hier in Frage stehenden Periode ein abnormes Verhalten zeigte, das durch die Ausmahlung auf 80 Prozent unmöglich bedingt sein konnte. Es war mir daher die Vermutung, daß die Quelle der Störungen in dem Mehl selbst liegen müsse, sehr wahrscheinlich geworden, daher mußte der Gedanke nahe liegen, daß das Mehl in gewinnbringender Absicht fremde Zusätze erhalten haben müsse. Ich war der

Meinung, daß es besser sei, damals über diese Dinge Stillschweigen zu bewahren als Unruhe in die Bevölkerung zu tragen. Es werden ja auch heute noch tagtäglich Verstöße auf anderem Gebiete im Nahrungsmittelhandel gemacht, die „übersehen" werden. Nachdem man amtlich das „Strecken" beim Brot durch Kartoffeln als Verordnung ausgesprochen hatte, hat mancher Produzent daran anschließend seine eigene Theorie des Streckens entwickelt. Nehmen wir als die Ursache der störenden Erscheinung eine solche Mehlverfälschung, so werden uns die widersprechenden Angaben verständlich. Manche Ärzte haben gar keinen Grund gehabt, sich ungünstig zu äußern, andere traten bestimmter für gewisse schädliche Einwirkungen des Kriegsbrotes ein.

Wenn man sich diese Verunreinigung des Brotes vor Augen hält, so hat sie für die störenden Erscheinungen im Publikum natürlich den Charakter des Zufälligen, denn derartiges, von einzelnen Müllern vertriebenes Mehl verteilt sich regellos über das Land und kam auch nicht gleichzeitig in den Handel und zum Konsum. Mit dem Zusatz von Kartoffelmehl zu Roggenbrot haben diese beobachteten Störungen also nichts zu tun gehabt, das ist a priori richtig, falsch war aber die Annahme, daß wir nur Brot aus reinem mit Kartoffeln gestreckten Roggenmehl gegessen haben. Die Aufklärung für diese Verhältnisse liegt im folgenden: Zweifellos stammte das in den Handel gekommene Mehl nicht aus reinem Roggen oder Weizen, der auf 80 Prozent ausgemahlen war, sondern es waren andere Materialien mit vermahlen worden. Es ist nicht zu bezweifeln, daß auch Hinterkorn ein für den Menschen völlig minderwertiges und hüllenreiches Material — in welcher Ausdehnung läßt sich nicht sagen — mit vermahlen wurde; ja, es hat sich, wie mir mitgeteilt wurde, später herausgestellt, daß Unkrautsamen, auch solche aus Biergerste in dieser Zeit einen Handelsartikel bildeten und skrupellos mit vermahlen wurden. Somit erklärt sich jetzt, warum manchmal das Brot schlecht vertragen wurde und warum es auch so reichen pflanzlichen Rückstand im Kote gab. Die Gewissenlosigkeit, welche in dieser Manipulation der Mehlfälschung lag, braucht nicht weiter ausgeführt zu werden.

Da die Vorräte an Fälschungsmitteln zur Streckung von Getreide glücklicherweise durch die Natur selbst beschränkt sind, so erledigten sich die unangenehmen Nebenwirkungen des Kriegsbrotes von selbst. Man muß jedoch wünschen, daß derartige Vorgänge beim Vermahlen der neuen Ernte 1915 sich nicht wiederholen.[1]

---

[1] Leider hat sich dieser Wunsch nicht realisiert, es kommen auch jetzt Mehle im Handel vor, die mehr Kleie enthalten, als wenn reine Vollkornmehle vorlägen.

Man kann sich durch die Untersuchung der Ausscheidungen über manche der hier berührten Fragen unterrichten, denn die Zellhüllen gehen, soviel man weiß, sicher zum Teil unverändert in den Kot über; daher wird man sowohl durch die Menge, wie die Qualität der ausgeschiedenen Zellmembranen, ja auch mitunter durch die Art ihrer Zusammensetzung einen Rückschluß auf die Beschaffenheit der Kost ziehen können.

Schon Haberlandt hat auf diesen Umstand mit Bezug auf die Anwendung der Mikroskopie aufmerksam gemacht in dem Sinne, daß er aus der Art der Arrodierung und Lösung des Verbandes der Zellgruppen Rückschlüsse auf gewisse Verdauungsmöglichkeiten gezogen hat.

Die einfachste Untersuchungsweise der Ausscheidungen, bei dem pflanzliche Reste in Betracht kommen, ist das Kolieren, wie ich es zuerst bei der Untersuchung des Brotkotes zur Feststellung des Kleiegehaltes benutzt hatte.[1] In einem Koliertuch entsprechender Maschenweite werden die Zellhüllen leicht zum großen Teil zurückgehalten, über die quantitativen Verhältnisse wird später noch einiges zu sagen sein.

Wenn man nach dem Auswaschen mit Wasser mit CH-Alkohol und dann mit Äther nachwäscht, liegen die Zellhüllen so weit rein vor, daß sie sich zur mikroskopischen Untersuchung eignen. Manche Teile erkennt man auch oft ohne weiteres wieder, bei Salatgenuß kann man die wohl erhaltenen — wenig zerkauten Blätter — ohne weiteres auslesen, ähnlich vielfach bei Gemüse, bei Obst und dergleichen.

Die Methode hat den Nachteil, daß sie nicht quantitativ ist, sondern nur das gröbere Material abtrennt, das hat aber insofern sein Gutes, als man dabei manchen Detritus, der die Beobachtung stört, beseitigt und daß man außerdem ein Urteil über die Art der Zermahlung, die ja auch von Bedeutung ist, abgeben kann.

Zur Gewinnung feineren Materiales genügt das Zentrifugieren, man kommt aber auch damit nicht zu einer völligen Abscheidung des suspendierten Materiales. In allen Fällen sind diese Abscheidungen nur von einem Teil der Kotbestandteile durch Anwendung von Wasser zu scheiden. Weit besser ist es, die Verwendung des Wassers von Anfang an beiseite zu lassen und mit der Fällung durch Alkohol unter Zugabe von etwas ClH zu beginnen, wobei durch Erwärmen die Lösung von Kotbestandteilen wesentlich erleichtert wird. Es genügt dann die einfache Filtration durch ein Papierfilter, um ein völlig klares Filtrat zu erhalten. Die Extraktion mit heißem Alkohol wird bis zur völligen Erschöpfung der gefällten Substanz durchgeführt, dann mit Azeton und noch mit Äther behandelt.

---

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XIX. S. 67.

Will man die letzten Kotteile entfernen (oder auch Stärke), so hat man den Rest mit Chloralhydrat auszuziehen, wie das im Artikel Birkenholz[1] angegeben ist. Den Kot frisch mit Chloralhydrat zu behandeln, führt meist nicht zum Ziel. Durch den Alkoholauszug werden alle übelriechenden Substanzen des Kotes aufgenommen. Eine Entfärbung tritt nicht ein.

Diese gelang auch nicht durch Behandeln des Kotes mit verdünnter Schwefelsäure und Kaliumpermanganat, weiter auch nicht durch Wasserstoffsuperoxyd und letzteres unter Zugabe von NH_3.

Meine Aufmerksamkeit wurde auf die eingehende Untersuchung der festen Ausscheidungen durch das Ergebnis der Kolierung während der ersten Zeit der Reglementierung des Brotkonsums gelenkt. Es fiel mir dabei die außergewöhnliche Menge der Kleiereste auf. Ich habe sie im gereinigten Zustande gewogen und bis 11 und 12 g Trockensubstanz pro Tag erhalten. Solche Mengen können nicht bei dem beschränkten Brotkonsum aus normalem Mehl herrühren, denn man muß bedenken, daß ja die Kolierung unter den gegebenen Verhältnissen nur etwa die Hälfte aller pflanzlichen Reste ausscheidet. Die morphologische Durchmusterung hatte das Ergebnis, daß zweifellos viele Zellelemente in den Ausscheidungen vorkommen, welche mit dem Brotgetreide und sonst als Nahrungsreste vorkommenden Bestandteile nichts zu tun hatten.

Später sank die Menge der kolierten Substanz auf 7 g und dann noch weiter ab und hielt sich in den Normen, die man von den durch die Bundesratsverordnungen zugelassenen Mehlen erwarten durfte.

Einige weitere Angaben sind mit Rücksicht auf das Vorkommen von Pentose und Zellulose nicht ohne Interesse. Bei der überwiegend vegetabilischen Kost war die mittlere Menge der täglichen Ausscheidung frisch rund 236 g, bei 20·8 Prozent Trockensubstanz = 49·6 g Trockensubstanz im Tag. Der Gehalt an Zellulose bewegte sich zwischen 6·6 bis 8·6 Prozent der Trockensubstanz des Kotes. Dabei ist Asche und Pentosengehalt der Zellulose nicht in Abzug gebracht. Die Zellulose (Hoffmeister) betrug in absoluten Mengen 3·27 bis 4·26 g pro Tag.

Von den Kotbestandteilen ist, wie erwähnt, wenig in Alkohol, dagegen sehr viel in ClH-Alkohol löslich, ungelöst blieben etwa 54·5 Prozent.

Unter anderen Verhältnissen kommen natürlich erhebliche Abweichungen vor. Bei Überwiegen animalischer Nahrung ist mehr löslich. Doch mag daran erinnert sein, daß auch die Vegetabilien, soweit sie unverdaut durchgehen, manchmal reichliche Mengen in Alkohol löslicher Sub-

[1] *Dies Archiv.* 1915. Physiol. Abtlg. S. 88.

stanzen enthalten. Bei chlorophyllhaltigen Nahrungsmitteln vermißt man nie die grüne Farbe des Alkoholextraktes des Kotes. Es ist nicht bekannt, ob Chlorophyll bei dem natürlichen Durchgang durch den Darmkanal in größerem Maße zugrunde geht.

Nach der Extraktion mit saurem Alkohol und Äther wird ein weiterer erheblicher Anteil durch Chloralhydrat aufgenommen.

Den Rest betrachte ich als Bestandteil der pflanzlichen Zellmembran. Der Aschegehalt ist meist verschwindend klein. Im gegebenen Falle betrug der Gehalt an Zellmembranen 30 Prozent des Trockengehaltes des Kotes. Bei mittlerer Ausscheidung, wie oben angegeben, träfen, nur um dies eine Beispiel zu geben, bei der gewählten Art von gemischter Kost an trocknen Zellmembranen 14·9 g pro Tag, wobei nach meinen Beobachtungen etwa die Hälfte (7·5 g) gröbere Hülsen sind, die im Koliertuch zurückbleiben.

Ich habe die durch Kolieren abscheidbaren Hülsen von vielen Tagen gesammelt und in diesem Gemenge 26 Prozent der Trockensubstanz Rohzellulose (Hoffmeister) gefunden. Die Asche schwankt um 15 bis 16 Prozent der Trockensubstanz, der Pentosengehalt zwischen 5·12 und 7·6 Prozent. Man erhält manchmal die Zellulose fast ganz weiß, manchmal hat sie noch einen leicht braunen Ton. Zieht man Asche und Pentosen (letztere als Pentosane berechnet) von der Rohzellulose ab, so bleiben im Mittel 23·3 Prozent Reinzellulose übrig.

Die Pentosen des Kotes sind nicht ausschließlich als Pentosane gebunden an Zellhüllen, sondern ein Teil ist in alkohollöslicher Form vorhanden. So ist es z. B. beim Fleischkot, aber auch beim gemischten Kot finde ich das gleiche.

Der Pentosengehalt der Trockensubstanz des Kotes in einer eingehend untersuchten Probe war 10·26 bei 1·994 Prozent der frischen Substanz. Pro Tag also sind bei überwiegend vegetabilischer Kost 5·09 g Pentosen in der festen Ausscheidung enthalten, was natürlich mit der Art der Verköstigung wechselt.

Der mit Alkohol erhaltene Rückstand enthielt 14·77 Prozent Pentosen, auf den frischen Kot berechnet = 1·575 Prozent. Dieses mit dem direkt (ohne Ausziehen mit Alkohol) untersuchen Kot vergleichend, zeigt uns, daß auch Pentosen vorkommen, die nicht an den „unlöslichen Teil“ gebunden sind, sondern mit dem Alkohol in Lösung gehen.

Der Zellulosegehalt dieser Kotprobe war 7·62 Prozent, die daraus dargestellte Zellulose enthielt noch 5·15 Prozent Pentosen, was annähernd mit den früheren Angaben übereinstimmt.

Der in ClH-Alkohol lösliche Anteil der Pentosen kann nicht wohl von gummiartigen oder pflanzenschleimartigen Bestandteilen des Kotes her-

rühren, da diese in dem gesamten Lösungsmittel nicht aufnehmbar sind, falls nicht ein Gemenge organischer Stoffe, wie es sich bei Behandlung des Kotes mit Alkohol bildet, sich anders verhält, wie das reine Lösungsmittel. Man muß also wohl mit dem Vorkommen freier Pentosen rechnen. Nach Reinitzer lösen sich z. B. die Zellwände des Mehlkörpers, der Gerste, der Kartoffel, der Möhren durch ein in ihnen vorhandenes Ferment auf, sie bestehen aus Hemizellulosen, die durch Malz- und Speicheldiastase aufgeschlossen werden.[1] Die Hemizellulosen des Birkenholzes lösen sich, wie ich a. a. O. angegeben habe, durch Diastase nicht, also wohl auch nicht jene der Kleiehüllen.

Ein Mittel, viel Pentosen auch aus verholzten Geweben auszuziehen, ist die 5 prozentige Kalilauge. Ich habe daher auch Kot, der vorher mit ClH-Alkohol ausgezogen war, in dieser Weise behandelt und folgendes gefunden:

Der verwendete Kot enthielt in seiner Gesamttrockensubstanz	10·26	Prozent	Pentosen
in dem in ClH-Alkohol unlöslichen Teil waren	8·04	„	„
Im Rückstand nach der Behandlung mit 5 prozent. Kalilösung	1·45	„	„

Von dem ursprünglichen Gehalt an Pentosen gingen in Lösung 85·86 Prozent. Bei den Kleiehüllen fand ich rund die Hälfte der Pentosen durch Kali auflösbar. Im vorliegenden Falle hat man zu berücksichtigen, daß in ClH-Alkohol lösliche Pentosekörper vorlagen, die in Kleie nicht vorkommen, also wird es richtiger sein, diese Stoffe außer Betracht zu lassen, dann vermindert sich die Löslichkeit der Pentosen auf 81·96 Prozent, rund 82 Prozent, sie ist also immer noch hoch, was darauf schließen läßt, daß neben den Kleiehülsen des Brotes noch andere zellulosehaltige und pentosehaltige Stoffe vorhanden gewesen sind oder die verdaute Zellmembran ändert ihre Löslichkeit in Kalilauge.

---

[1] *Zeitschrift für physikalische Chemie.* 1897. Bd. XXIII. S. 175.

Weitere Untersuchungen über die Resorbierbarkeit des Birkenholzes.

Von

Max Rubner.

I.

Über die Resorbierbarkeit des Birkenholzes habe ich in dieser Zeitschrift eingehend berichtet, es hatte sich dabei beim Hunde eine erhebliche Auflösungsfähigkeit für diese Holzart gezeigt. Das Birkenholz war so gut wie frei von Stärke und Fett gewesen, so daß das Ergebnis als Ausdruck der Resorbierbarkeit einer reinen Holzsubstanz aufgefaßt werden mußte. Es war die Vermutung ausgesprochen worden, daß Mangel an Fett und Stärke im Birkenmehl auf die Methodik der Darstellung zurückzuführen sein möchte, es war die Holzschliffmethode unter Anwendung von viel Wasser zur Anwendung gekommen, so daß eine Ausschwemmung von Stärkekörnchen immerhin nicht unerklärlich gewesen wäre.

Neuerdings ist mir ein neues Birkenschliffpräparat, das nach einem anderen Verfahren und unter Vermeidung von solchen Abschwemmungsverlusten hergestellt war, zugesandt worden, dessen nähere Prüfung ausgeführt werden sollte. Das Schleifergebnis war vom Standpunkt des Nährstoffgehaltes praktisch betrachtet, kein anderes als beim früheren Präparat, das neue bot aber nach anderer Richtung Besonderheiten der Zusammensetzung, so daß ich mich entschloß, weitere Tierexperimente anzustellen, um die einmal angeschnittene Frage auch zu Ende zu führen.

Zunächst will ich das angewandte Schleifverfahren des Holzes nach den mir zugegangenen Mitteilungen kurz beschreiben.

Auf Veranlassung der Kgl. Regierung in Merseburg war frisches Birkenholz am 9. April 1915 zur weiteren Bearbeitung an die Papierfabriken in Weißenfels übergeben worden. Das Holz wurde dort durch Putz-

maschinen von Rinde und Borke völlig befreit, dieses geputzte Holz wurde auf Bandsägen in Längen von 400 mm abgeschnitten. Die Klötze kamen dann in den Preßkasten eines großen Kraftschleifers, das Holz wurde von der Stirnseite aus verschliffen. Die Schleifwassermengen wurden sehr eingeschränkt, das Material dadurch warm, ein Umstand, der die Feinheit der Zerkleinerung begünstigen soll, die Schleifmasse wurde gesiebt, der Rückstand zermahlen, das zur Verwendung benutzte Fabrikationswasser kam wieder in Umlauf, so daß irgendwelche Frischwasserzufuhr während der Versuchsarbeiten sich erübrigte. Es ergaben sich mannigfache technische Schwierigkeiten, schließlich wurde ein Endprodukt hergestellt, das aus 1 Teil Stirnschliff und $2^1/_2$ Teilen Querschliff bestand. Das fertige Präparat wurde mir in Pappeform geliefert, es hatte eine braune Farbe, während der frühere Birkenschliff schneeweiß war. Würde man nun Stirnschliff anwenden, was technisch möglich ist, so ließe sich ein Präparat gewinnen, in dem alle Zellen des Holzes zertrümmert sind.

Soweit die Angaben der Fabrik.

Die Pappe wurde in derselben Weise zerfasert, wie der früher verwendete Birkenholzschliff, war anscheinend auch dann von gleich lockerer Beschaffenheit. An Fett und Stärke war kaum mehr aufzufinden, als in dem ersten Präparat, es war also die Schleifmethode nicht der Grund für das Fehlen größerer Mengen von Stärke. Möglicherweise war die Zeit der Holzfällung nicht richtig gewählt, doch will ich bei dieser Frage nicht weiter verweilen, da sie mir vorläufig fernliegt und mehr den Botaniker interessieren wird.

Die Ausführung des Ausnützungsversuches war ebenso geordnet, wie bei den früheren Experimenten. Derselbe Hund erhielt 1000 g Fleisch täglich und 75 g lufttrockenes Birkenmaterial, ich habe (s. oben S. 109) gezeigt, daß diese Birkenmehlmenge die günstigsten Resorptionsverhältnisse aufweist und sie deshalb hier wieder gewählt.

Die Analyse der Nahrungseinfuhr und des ausgeschiedenen Kotes wurde in derselben Weise vorgenommen, wie das früher näher auseinandergesetzt worden ist.

Der allgemeine Befund war derselbe. Das Tier ertrug die gefütterte Birkenmehlmenge ohne Beschwerden und Nachteile. Der Kot war an Masse aber gegenüber reiner Fleischfütterung sehr stark vermehrt, der Birkenschliff zu einer Art Papiermasse verfilzt und dem Knochenkot ähnlich. Die verfilzten Massen würden meines Erachtens bei Genuß von Birkenmehl durch die Menschen, wohl bei den meisten Leuten durch diese Härte wesentlich Beschwerden hervorrufen. Nach den Pulvern wird aber der Kot wieder zu einer flaumartigen voluminösen braunen Masse.

Das Aussehen des Birkenmehles war — wie schon erwähnt — braun. Es war angenommen worden, daß die andere Schleifart eine bessere Konservierung aller Bestandteile der Holzmasse liefern würde. Es stellte sich aber heraus, daß zwischen diesem Präparat und dem früher untersuchten doch ein recht bemerkenswerter Unterschied war, was eine Reihe zeitraubender Untersuchungen notwendig machte, über die ich zunächst berichten werde.

II.

Die mikroskopische Untersuchung ließ Körnchen, die etwa als Stärke anzusprechen waren, nur in minimalster Menge auffinden, es ergeben sich weiterhin aus den Analysen keine Anhaltspunkte für die Anwesenheit nennenswerter Stärkevorräte. Insoweit also die veränderte Methodik der Zerkleinerung des Holzes zu einem geringen Verlust an Fett oder Stärke führen sollte, ist das Ergebnis als negativ zu bezeichnen.

Woher die braune Farbe des Produktes rührte, ist mir unbekannt, sie wird in dem Berichte über die Darstellung nicht berührt, scheint also als etwas Nebensächliches angesehen worden zu sein. Dem vorerwähnten mikroskopischen Befunde gemäß konnte also dieses Birkenpräparat wieder als reines Holzpräparat angesehen werden, so daß mit Rücksicht auf die Verdaulichkeit etwa ein gleiches Verhalten mit dem ausführlicher geschilderten weißen Birkenpräparat vorausgesetzt werden konnte. Doch ergab die direkte Untersuchung gewisse Unterschiede. Der Kürze wegen will ich das eine Präparat als „weiße Birke", das andere „braune Birke" nennen.

Ein Unterschied war zunächst schon im Aschegehalt vorhanden. Die weiße Birke enthielt 2·73 Prozent (eine frühere 8·3 Prozent) Asche, die braune aber nur 0·73 Prozent. Von ersterer war der Vorrat, wie er zu den früheren Analysen verwendet war, aufgebraucht, ich habe daher von dem Rohmaterial, das mir zur Verfügung stand, in üblicher Weise zermahlen und verwendet, wobei sich, wenn man die Ergebnisse mit den früheren vergleicht[1], geringe Unterschiede ergeben.

Der Pentosegehalt war wesentlich verschieden. Die braune Birke enthielt 27·22 Prozent der Trockensubstanz, die weiße Birke 34·26 Prozent der Trockensubstanz.

Dieser Unterschied wird noch größer, wenn man beide Werte auf aschefreie Substanz berechnet:

(0·7 Prozent Asche) für die braune Birke 27·42 Prozent
(2·73 „ „) „ „ weiße „ 35·36 „

[1] Siehe *dies Archiv.* 1915. Physiol. Abtlg. S. 78.

Es ist mir nicht bekannt, ob solche Schwankungen im Pentosengehalt des Birkenholzes unter natürlichen Verhältnissen vorkommen, das zu beurteilen müßte neuen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Jedenfalls bestätigt sich die Verschiedenheit auch im Hinblick auf den Gehalt an Reinzellulose, diese war für 100 Teile Trockensubstanz (aschehaltig)

für die braune Birke . . . . 67·82 Prozent
für die weiße Birke . . . . 39·44 „

Hier liegt die Sache also umgekehrt wie bei den Pentosen, die braune Birke enthielt viel mehr Zellulose als die weiße Birke, der Unterschied bleibt auch bestehen, wenn man die Asche in beiden Fällen außer Rechnung läßt.

Durch Behandeln mit 5 Prozent Kali gelingt es, wie ich schon früher gezeigt habe, aus dem Birkenmehl erhebliche Mengen von Substanz, hauptsächlich Pentosen zu lösen, es wird sich also zeigen, ob die braune Birke dann wirklich weniger kalilöslich ist als die weiße. Das Ergebnis stimmt mit dieser Annahme:

	Für braune Birke	Für weiße Birke
Der in 5 prozent. Kali unlösliche Anteil betrug, letzteren aschefrei berechnet	80·40 Proz.	67·55 Proz.

Die braune Birke ist also weniger gut kalilöslich als die weiße; dies hängt, wie man annehmen darf, mit dem Pentosengehalt zusammen, da da der kalilösliche Anteil des Birkenholzes, wie ich gefunden habe, hauptsächlich Pentosen einschließt. Ich komme auf diese Frage weiter unten noch zurück.

Von der braunen Birke war ein Teil der Trockensubstanz in warmen Wasser, Alkohol und Chloralhydrat in Lösung zu bringen, so daß man die Annahme machen muß, es sei auch Pentose vorhanden, welche als solche präformiert in den Zellen enthalten ist. Allerdings wird ja auch von W. Hoffmeister auf die leichte Umwandlung mancher Begleiter der Zellulose hingewiesen. Es war mir schon bekannt, daß auch die weiße Birke etwas von Pentosen bei dieser Behandlung abgibt; zum Vergleiche wurden nebeneinander die Analysen ausgeführt, das nach Wasser-, Alkohol-, Äther- und Chloralhydratbehandlung Hinterbleibende nenne ich kurzweg auch hier Zellmembran. Ich habe gefunden:

Menge der Zellmembran (asche- und proteinfrei)	für braune Birke	für weiße Birke
Auf die Trockensubstanz der Birke berechnet	84·77	88·79
davon an Pentosan	17·64 g	24·98 g
„ „ Pentosen	19·98	28·28
Der Aschegehalt war	1·1	2·73

Zieht man von der ganzen Menge organischer Substanz, welche in dem Birkenpräparat vorhanden ist, obige Zellmembranen ab, so bleibt ein Rest, der aus dem Protein und vielleicht Amidverbindungen, dem Fett und Harz, den in Alkohol löslichen Bestandteilen und den etwa vorhandenen präformierten Pentosen oder sonst aus Spuren von Stärke und etwa aufgelösten Pentosanen und Hexosanen besteht.

	Pentosen bei brauner Birke	Pentosen bei weißer Birke
	pro 100 Trockensubstanz	
Die Stoffe, welche nicht Zellmembran sind, betragen (organische Substanz)	14·10 g	8·48 g
Gelöst an Pentose	7·24	5·98
Das Stoffgemenge der nicht als Zellmembran anzusehenden Teile enthält an Pentose . .	51·10 Proz.	61·06 Proz.

Es ist also reich an Pentosen. Bedenkt man, daß für Protein und Fett bei brauner Birke 3·09 Teile, bei weißer Birke 2·65 Teile (von 7.24 bzw. 5.98) in Abzug kommen müßten und auch noch andere Substanzen möglicherweise in Frage kommen, so scheint bei brauner Birke der Gehalt der Produkte, welche nicht Zellmembran sind, an Pentose sehr hoch und bei der weißen Birke das „Gelöste“ überwiegend aus Pentosen zu bestehen.

III.

Unterschiede in der Zusammensetzung liegen also in den verschiedensten Richtungen hin vor. Sie liegen aber wesentlich in dem mit Kali löslichem Anteil.

	Braune Birke	Weiße Birke
Wenig verschieden ist der Pentosegehalt der Rohzellulose	14·76 Proz.	11·72 Proz.
und der in 5proz. Kali unlösliche Anteil stimmt im Pentosengehalt fast ganz überein . .	16·16 „	15·89 „

Ich hatte mir die Frage vorgelegt, ob es vielleicht möglich wäre, durch eine Vorbehandlung der beiden Holzarten mit 5 Prozent Kali die weitere Aufschließung zur Zellulosebestimmung zu erleichtern. Für diesen Zweck wurden beide Proben mit 5 Prozent Kali in der Kälte 24 Stunden behandelt, das Kali dann neutralisiert und die ganze Flüssigkeit auf den zur Zellulosedarstellung nötigen ClH-Gehalt gebracht. Das Resultat der Zellulosebestimmung wurde nicht geändert, nur war, wie ich gleich bemerken möchte, der Pentosegehalt der Rohzellulose viel geringer geworden, als es sonst bei direkter Einwirkung des chlorsauren Kalis und der Salzsäure gewesen ist.

Der Gehalt der Reinzellulose war bei brauner Birke 66·11 Prozent, bei weißer Birke 41·30 Prozent, was unwesentlich von den ersten Ergebnissen abweicht. Der Pentosengehalt der Rohzellulose war dabei für braune Birke 9·36 Prozent, für weiße Birke 9·26 Prozent, somit werden durch die Kalivorbehandlung nur die Pentosen vollkommener abspaltbar, aber wie man sieht, bleibt ein Teil doch noch in der Zellulose zurück.

Betrachtet man die Wirkung des 5 proz. Kalis, so findet man für 100 Teile Trockensubstanz

	Pentosen bei	
	brauner Birke	weißer Birke
im ungelöst Bleibenden	12·99 g	10·73 g
im gelösten Anteil	14·23	23·53
an Trockensubstanz (aschefrei) wurde gelöst	19·60 g	32·45 g
der Gehalt der gelösten Substanz an Pentosen beträgt	72·6 Proz.	72·5 Proz.

Beide Präparate unterscheiden sich also wesentlich durch den in 5 Prozent Kali löslichen Anteil, dieser selbst stimmt in beiden Fällen aber genau mit dem überein, was ich schon früher für ihn gefunden hatte, die Hauptmenge besteht aus Pentosen. Die Alkoholfällungen des kalilöslichen Anteiles waren bei weißer Birke farblos, bei brauner Birke tiefbraun gefärbt.

Durch die Kalibehandlung lösliche Pentosen werden anscheinend auch bei der gewöhnlichen Behandlung mit chlorsaurem Kali und ClH zum Zwecke der Zellulosedarstellung aufgelöst, die Vorbehandlung mit Kali macht aber die übrigen Pentosen leichter für dieselben Reagenzien angreifbar, das zeigen folgende Zahlen.

	Für 100 Teile Trockensubstanz Pentosen bei	
	brauner Birke	weißer Birke
Die Rohzellulose enthält noch	12·27 g	14·50 g
der in Kali unlösliche Teil.	13·30 g	11·37 g
die Zellulose nach vorheriger Kalibehandlung .	8·46 g	5·25 g

Ob das neue Präparat des Birkenmehles auf Verschiedenheit in der natürlichen Zusammensetzung des Holzes zurückzuführen ist, oder ob die Verschiedenheit durch die Behandlung des Holzes entstanden ist, ist mir unbekannt. Doch würde eine solche Verschiedenheit wohl entstehen können, wenn aus dem normalen Holz ein Teil jener Substanz ausschiede, die in Kali löslich ist. Es findet aber zweifellos bei dem Schleifverfahren keinerlei Entwickelung einer alkalischen Reaktion statt, doch bedarf es sicherlich nicht einer solchen als ausschließliches Mittel zur Auflösung von Pentosanen.

Auch Säuren können Hemizellulosen lösen, vielleicht auch die Erhitzung mit Wasser. Die braune Farbe des Präparates erinnert an die Verfärbung des weißen Birkenmehles beim Trocknen; läßt man es mehrere Tage im Trockenschrank bei 100°, so wird es braun gefärbt. Möglicherweise reagieren aber die in den Zellen des Holzes enthaltenen Saftanteile sauer, wenigstens zeigen alle Pflanzenpreßsäfte diese Reaktionen; durch die möglichste Beschränkung des Schleifwassers und die Wiederverwendung desselben und außerdem durch die Temperatursteigerung, die eingangs erwähnt wurde, wäre es wohl möglich, daß Bedingungen zur Auflösung von Pentosanen geschaffen wurden.

Schwache Säuren lösen bei Brutwärme die Pentosane nicht auf; $^1/_4$ bis $^1/_{24}$ n-ClH löst von den Pentosen nichts auf, wohl aber eine 2·73prozentige ClH, dann steigend bis zu 22 Prozent ClH-Gehalt können bis 34·7 Prozent der Masse zur Lösung kommen.

Dabei verfärbt sich bei 22 Prozent ClH die Birke, wird etwas rotbraun, auch das Filtrat nimmt die gleiche Farbe an, bei 10 Prozent ist auch noch eine Verfärbung des Rückstandes und Filtrates sehr deutlich, die Färbungen nehmen dann mit sinkender Konzentration ab, die schwächste zeigte überhaupt keine Veränderung. Bei 22 und 11 Prozent ClH gab das Filtrat starke Pentosenreaktion und direkt auch die Trommersche Probe. Die beiden schwächeren Verdünnungen ließen zwar noch Pentosenreaktion (bei 2·7 Prozent nur ganz vorübergehend) erkennen, und lösten Kupferoxydhydrat auf, gaben aber keine Trommerreaktion, auch nicht nach Erhitzen mit ClH. Jedenfalls ist es mir wahrscheinlich, daß die Beschaffenheit der braunen Birke ein Kunstprodukt ist.

Nachdem durch die vorstehenden Analysen feststeht, daß wesentliche Unterschiede in der Zusammensetzung bei dem Birkenpräparate vorliegen, hat es immerhin Interesse am Tier zu untersuchen, inwieweit die Ausnützung durch die gegebenen Differenzen beeinflußt wird.

IV.

Die Versuche am Hunde wurden mit einem größeren Vorrat an Material, das fein zermahlen worden war, ausgeführt, wie schon oben angeführt, an demselben Tier, das zu den Experimenten mit weißer Birke Verwendung gefunden hatte. Das Birkenmehl hatte folgende Zusammensetzung:

100 Teile trocken enthalten:

1·09 Prozent Asche,
98·91 ,, organische Substanz,
27·42 ,, Gesamtpentose = 24·12 Pentosane,

0·35 Prozent N = 2·19 Prozent Rohprotein,
84·77 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 17·64 Pentosan,
66·81 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
0·90 ,, Fett.

An diesen Ergebnissen sind zwei Tatsachen bemerkenswert. Zunächst der Umstand, daß nicht alle Pentose in den Zellmembranen vorhanden sind, sondern ein Überschuß sich findet. Die Gesamtpentosane waren 24·12, jene in den Zellmembranen rund 17·64. Diese Tatsache findet aber in dem vorherigen Abschnitt ihre Erklärung. Ein andres Ergebnis verdient gleichfalls Erwähnung. Bei der Aufrechnung der organischen Substanz aus den einzelnen Komponenten findet man 94·3 g, bei Abzug der Asche von der Birkentrockensubstanz aber 98·91 g, also eine Differenz von 4·6 g. Diese erklärt sich daraus, daß 1. alkohollösliche Substanzen vorhanden sind, welche nicht näher bestimmt wurden, 2. aus dem Vorhandensein löslicher Pentosen, 3. aus der Anwesenheit kleiner Mengen von Stärke.

Die täglich gefütterten 75 g Birkenmehl enthielten:

72·0 g Trockensubstanz,
0·79 ,, Asche,
71·21 ,, organische Substanz,
19·74 ,, Gesamtpentose = 17·37 g Pentosan,
1·57 ,, Rohprotein,
61·03 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 12·70 g Pentosan,
50·71 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
0·65 ,, Fett.

Die Zusammensetzung des abgegebenen Kotes waren für 100 Teile Trockensubstanz:

10·95 Prozent Asche,
20·70 ,, Pentosen = 18·28 Pentosane,
63·13 ,, Zellmembran mit 14·34 g Pentosen = 12·66 g Pentosane,
50·30 ,, Reinzellulose,
1·54 ,, N,
2·52 ,, Fett (Seifen sind nicht bestimmt).

Der Hund entleert pro Tag 64·57 g trockenen Kot, in diesem waren nach obiger Analyse enthalten:

57·48 g organische Substanz,
13·36 ,, Pentosen,
41·76 ,, Zellmembran mit 9·49 g Pentose = 8·38 g Pentosan,

32·48 g Reinzellulose,
0·996 „ N,
1·63 „ Fett.

Zur weiteren Betrachtung füge ich nach früheren Versuchen noch bei, wie groß die Ausscheidungen des Versuchstierse bei 1000 g Fleischfütterung pro Tag sind. Es beträgt die tägliche Ausfuhr:

15·47 g Kot,
10·38 „ organisch,
0·129 „ Pentosen,
1·093 „ N.

Der prozentige Verlust ist demnach folgender, nach Abzug der auf den Fleischkot treffenden Teile:

für die Gesamtpentose	66·32 Prozent
für die Pentosen der Zellmembran	65·99 „
für die Zellmembran	68·42 „
für die Zellulose	64·05 „

Die Resorption der einzelnen Bestandteile ist eine sehr gleichmäßige gewesen. Die Unterschiede in der Aufnahme zwischen Pentosen und Zellulose sind sehr gering. Ein Vergleich mit dem Parallelversuch mit weißer Birke zeigt folgendes:

Bei letzterem war bei 75 g Zufuhr pro Tag der Verlust folgender, und bei brauner Birke mehr um:

an Gesamtpentosen	60·78 Prozent	+ 5·54 Prozent
„ Zellmembran	55·84 „	+ 12·58 „
„ Zellulose	60·78 „	+ 3·27 „

In jeder Richtung zeigt also das neue Präparat ein ungünstigeres Verhältnis als das weiße Birkenmehl, es ist schlechter resorbierbar.

In seiner Beschaffenheit war das braune Birkenmehl am ehesten übereinstimmend mit dem früher untersuchten Präparat, das mit Kali ausgezogen worden war, daher wird eine Zusammenstellung der beiderseitigen Resultate auch noch von Interesse sein. Der Verlust betrug in Prozenten

	bei brauner Birke	bei weißer Birke mit 5 proz. Kali extrahiert
an Gesamtpentosen	66·32 Prozent	56·77 Prozent
„ Zellmembran	65·99 „	69·95 „
„ Zellulose	64·05 „	62·87 „

Der Unterschied zwischen beiden Präparaten ist also sehr gering bei der Zellulose und bei der Zellmembran; dagegen war das Präparat, mit Kali vorbehandelt, leichter resorbierbar mit Bezug auf die Pentosen.

Im übrigen zeigen die Ergebnisse wieder eine Übereinstimmung in der Richtung, daß der Hund nicht unerhebliche Mengen einer solchen feinverteilten Holzmasse aufzulösen vermag. Bezüglich aller sonstigen Einzelresultate bedarf es kaum einer weiteren Darlegung. Der N-Gehalt des Kotes war auch hier nicht erhöht, eine Darmreizung also ausgeschlossen.

Experimentelle Beiträge zur Buchweizenerkrankung (Fagopyrismus) der Tiere.

Von

Louis Merian
in Zürich.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Zürich.
Direktor: Prof. Dr. J. Gaule.)

(Hierzu Taf. I u. II.)

Nicht nur Arznei-, sondern auch Futtermittel vermögen unter gewissen Bedingungen auf der Tierhaut entzündliche Veränderungen hervorzurufen. Einige Futterexantheme zeichnen sich von den Arzneiexanthemen dadurch aus, daß sie gewisse Hautpartien nicht nur bevorzugen, sondern daß einige nur an gewissen Hautabschnitten zur Entwicklung gelangen. Der Buchweizenausschlag (Fagopyrismus) darf wohl als Prototyp dieser Art angesprochen werden. Man versteht unter Buchweizenausschlag eine Hautentzündung, die sich besonders auf weißen und weiß geschecktten Hautpartien entwickelt. Schweine, Schafe, Rinder, Ziegen, Pferde, Kaninchen, Meerschweinchen scheinen besonders prädisponiert zu sein. Das charakteristische Merkmal besteht darin, daß nur die weißen, pigmentlosen Hautpartien an der genannten Affektion erkranken. Zur Erzeugung des Buchweizenausschlages genügt nicht nur die Fütterung der grünen oder blühenden Pflanzen, sondern auch das Vorhandensein von Sonne und Licht. Es läßt sich sagen, je reichlicher die Tiere mit Buchweizen gefüttert werden und je mehr sie der Sonne ausgesetzt sind, um so stärker tritt der Ausschlag auf. Schwarze, dunkel pigmentierte, auch künstlich schwarz gefärbte Tiere, ebenso solche Tiere, die in einem der Sonne oder dem hellen Tageslicht nicht zugänglichen Stalle gehalten werden, zeigen keine Hautveränderungen. Tiere, die bei trübem regnerischen Wetter die Weide beziehen, wie auch im Schatten weidende Tiere zeigen keine Hautveränderungen.

Experimentelle Studien über den Einfluß des Lichtes von verschiedenen Wellenlängen auf die Pigmentbildung[1] und die große Ähnlichkeit des Buchweizenausschlages mit der Pellagra des Menschen veranlaßten mich zu meinen experimentellen Versuchen.

In einer kleinen Einleitung will ich über die botanische Stellung der Buchweizenpflanze sprechen. In aller Kürze will ich über die mir zugänglichen Beobachtungen aus der Buchweizenliteratur berichten. Zum Schlusse des ersten Abschnittes werde ich meine experimentellen Versuche schildern.

Der Buchweizen.

Das Wort Fagopyrum setzt sich nach Zedler[2] aus dem lateinischen Worte — fagus — und dem griechischen — triticum — zusammen, als ob man sagen wollte „eine Art Getreide, dessen Samen dem Weizen an Gestalt gleicht". Nach Helm[3] war die Buchweizenpflanze schon den ersten botanischen Schriftstellern des 16. Jahrhunderts bekannt.

Ruellius erwähnt in seinem Buche — De stirpium natura — (Paris 1536, Basel 1537) „Hanc (frugum) quoniam avorum nostrorum aetate e Graecia vel Asia venerit, turcicum frumentum." Der französische Name „Blé Sarrasin" und der italienische „Grano sarrasceno" weisen vielleicht auf die asiatische Heimat der Pflanze hin. Aus der — Historia stirpium — von Leonhardt Fuchs (Basilae 1543) ergibt sich, daß der Buchweizen aus Asien nach Deutschland gekommen ist. Blohmeyer vertritt die Ansicht, daß die Heimat des Buchweizens in Zentralasien, in der Mandschurei und im südlichen Sibirien zu suchen sei.[4] Die Mongolen sollen bei ihren Einfällen nach Rußland und Deutschland im Anfang des 13. Jahrhunderts die Pflanze mit sich gebracht haben. Die erste urkundliche Erwähnung des Buchweizens findet sich in einem Mecklenburgischen Sitzungsbericht vom Jahre 1436.[5] In der plattdeutschen Lübecker Bibel wird der Buchweizen 1594 als Boekwete genannt.

---

[1] Vgl. Merian, In welchem Sinne vermag Licht von verschiedenen Wellenlängen die Pigmentbildung im Froschlarvenschwanz zu beeinflussen? *Dies Archiv.* 1913. Physiol. Abtlg. S. 57.

[2] Zedler, *Universallexikon aller Künste und Wissenschaften.* Halle 1733.

[3] Helm, *Kulturpflanzen und Haustiere.* Berlin 1902. S. 504.

[4] Vgl. Blohmeyer, *Die Kultur der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen.* 1889. Bd. I. S. 445.

[5] Vgl. Pritzel, *Sitzungsbericht der naturforschenden Gesellschaft zu Berlin,* 15. Mai 1866.

Nach Krafft[1] sind folgende Bezeichnungen für den Buchweizen üblich: Buchweizen, Heiden, Haden, Heidekorn, Flench, Wegtritt, Gricken, Plenten, Flende, schwarzes Welschkorn, Haricka, buckwheat, blé sarrasin, grano sarrasceno, Polygonum fagopyrum. Der Name Heidekorn läßt sich nach Helms Ansicht aus dem Worte Heidenkorn, ein von den Heiden übernommenes Getreide, herleiten. Der Name Frumentum tartorum läßt sich von den Tartaren, einem Heidenvolk, herleiten, das seine Heimat an der Wolga und der Krim hatte. Die Tartaren, welche im 15. Jahrhundert das westliche Europa überfluteten, haben vielleicht zur Verbreitung des Buchweizens beigetragen.[2] Die Türken und Mongolen brachten das neue Getreide aus der Gegend des schwarzen Meeres. Von da gelangte der Buchweizen durch den Seehandel über Venedig und Antwerpen nach den Niederlanden, Frankreich und Deutschland. In Rußland wird auch heute noch Buchweizen im großen angebaut. Die Bauern backen sich aus dem Mehl eine Art Vorfastenkuchen (Kasa & Pliné). Wer schon Gelegenheit hatte, in Hamburg und im nahen Holstein zu leben, wird gewiß auch mit dem Nationalgericht der Holsteiner, der Buchweizengrütze, Bekanntschaft gemacht haben.

Die Niederländer genießen ebenfalls ihre Grütze. In den Tyroler Alpen wird heute noch Buchweizen gebaut. Man hat ihm den Namen — Plent — beigelegt und das daraus gefertigte Gericht — Sterz — benannt. In unserer Gegend findet Buchweizenmehl zur Bereitung feiner Backwaren Verwendung. Die große Vorliebe der Amerikaner für — Buck-wheat-cakes — ist ebenfalls bekannt.

Als Vieh- und Mastfutter mit Gras gemischt wird der Buchweizen in der Landwirtschaft sehr geschätzt. Die Kühe sollen bei Buchweizenfütterung viel Milch geben und die daraus bereitete Butter soll eine schöne gelbe Farbe annehmen und sehr schmackhaft sein. Die blühenden Pflanzen stellen eine ausgezeichnete Weide für die Bienen dar.

Die Buchweizenpflanze (Fagopurum esculentum) findet sich, nach den botanischen Studien von Maximowitsch zu urteilen, als wild wachsend an den Ufern des Namur, in Dahurien und am Baikalsee. Der Fagopyrum tartaricum, eine gegen Kälteeinflüsse weniger empfindliche Art, wächst in der Tartarei und in Sibirien. Der Buchweizen gehört nicht wie die übrigen Getreidearten zu den Zerealien, sondern in die Familie der Knöterichgewächse, der Polygonaceen.

Es ist eine einjährige krautige, mit endständiger doldentraubiger Blüte versehene, etwa 60 cm hoch werdende Pflanze (vgl. Taf. I). Die kleinen

[1] Krafft, *Die Pflanzenlehre.* Berlin 1908. S. 58.

[2] Vgl. Hopf, *Die Einwanderung der Zigeuner in Europa.* Gotha 1870.

weißen oder rosaroten Blüten haben eine 4 bis 5 spaltige Hülle und tragen 8 Staubgefäße und 3 Griffel.[1] Die Früchte sind dreikantig, 5 bis 6 mm groß und von grauer Farbe. Die gestielten Blätter sind dreieckig, pfeilförmig oder rundlich. Pott zählt sechs verschiedene Arten von Buchweizen auf.[2]

1. Fagopyrum esculentum, 2. Fagopyrum tartaricum, 3. Fagopyrum emarginatum, 4. Fagopyrum cynosum (perennierender Buchweizen), 5. Fagopyrum ratundifolium, 6. Fagopyrum triangulare. Nr. 4, 5 und 6 werden ausschließlich in Indien gebaut. Der Buchweizen darf wohl mit Recht als die genügsamste landwirtschaftliche Pflanze bezeichnet werden. Diese gedeiht auf dem dürftigsten Sandboden, wächst rasch und liefert auch unter den ungünstigsten Verhältnissen noch gute Erträge.

Da in unserer Gegend kein Buchweizen gebaut wird und meine Nachfragen über die Kultur der Pflanze in negativem Sinne beantwortet wurden, ging ich im Frühjahr 1913 selbst daran, mir einige praktische Erfahrungen zu sammeln. Zu diesem Zwecke mietete ich mir auf einer Anhöhe außerhalb der Stadt ein Stück Land zum Anbau des Buchweizens. Den Sanem ließ ich mir zuerst direkt aus Deutschland kommen, erst im Laufe der Versuche ermittelte ich eine Bezugsquelle in Zürich. Die Samen wurden gegen Ende Mai ausgesät, die jungen Pflanzen entwickelten sich sehr rasch und schon nach 6 Wochen stand das kleine Versuchsfeld in Blüte. Ich ging nun in der Weise vor, daß, sobald einige Quadratmeter verfuttert waren, das Grundstück umgegraben wurde und mit der Aussaat begonnen wurde. Dieses Vorgehen ermöglichte die Verfütterung von blühendem Buchweizen während des ganzen Sommers. Ein großer Teil der blühenden Pflanzen wurde getrocknet und die daraus gewonnenen Blüten, Blätter und Stengel zur chemischen Analyse beiseite gelegt. Im Frühjahr 1914 verlegte ich die kleine Versuchsstation vom Osten in den Norden der Stadt. Auch hier gelang die Kultur sehr gut und der Ertrag des Feldes war sehr zufriedenstellend.

In den beiden ersten Jahren benützte ich teils den aus Deutschland, teils den aus Zürich bezogenen Fagopyrum esculentum. In diesem Jahre sah ich mich ebenfalls veranlaßt, mit dem Versuchsfeld zu wechseln. Die kantonale landwirtschaftliche Schule — Strickhof — hatte durch die Vermittelung von Herrn Direktor Glättli die Güte, mir 50 qm Land für den Sommer 1915 gratis zur Verfügung zu stellen. Ich möchte an dieser Stelle mir erlauben, der Titl. Direktion und Verwaltung der Kantonalen landwirtschaftlichen Schule — Strickhof — meinen besten Dank auszusprechen.

---

[1] Vgl. Wünsche, *Die Pflanzen Deutschlands*. 1901. S. 159.

[2] Pott, *Die landwirtschaftlichen Futtermittel.* Berlin 1889.

Auf dem Felde des Strickhofes benützte ich aus Zürich bezogenen Fagopyrum esculentum und den von Paris von Vilmorin & Andrieux gelieferten Sarrasin de Tartarie und Sarrasin gris. Die Verfütterung der aus Deutschland, aus der Schweiz und aus Frankreich bezogenen Samen bzw. blühenden Buchweizenpflanzen erzeugten bei den Versuchstieren die bekannten Erscheinungen dse Fagopyrismus. Ein wesentlicher Unterschied in bezug auf Intensität und auf die Dauer der Erkrankung ließ sich bei den drei genannten Pflanzen nicht feststellen. Es läßt sich somit sagen, daß Fagopyrum esculentum, Fagopyrum griseum und Fagopyrum tartaricum die gleichen krankhaften Erscheinungen bei den Versuchstieren hervorrufen.

In diesem Kapitel möchte ich die von mir gelesenen Abhandlungen über Fagopyrismus der Tiere chronologisch anführen. Die erste diesbezügliche Beobachtung stammt von Hertwig aus dem Jahre 1833.[1]

„Sehr merkwürdig ist es", sagt Hertwig, „daß der Buchweizensamen (auch die Spreu davon und das Stroh) auf weiß und weißfleckige Schweine eine ganz andere Wirkung macht als auf schwarze und daß er namentlich bei den ersten Zufälle erregt, die denen von manchen narkotischen Mitteln sehr ähnlich sind, wie z. B. Betäubung, Schwindel, Schwäche im Kreuz, Tobsucht, Anschwellen des Kopfes und einer eigentümlichen Entzündung der Ohren. Ebenso merkwürdig ist es, daß diese Zufälle nur eintreten, wenn die Schweine bei der Buchweizenfütterung der Sonne ausgesetzt sind."

Erdt beschreibt einen Fall, der aus der Analogie der klinischen Symptome zu schließen, als Buchweizenerkrankung aufgefaßt werden muß, obschon uns der Autor keine Angaben über das Futter der Tiere macht.[2]

„Auf einem Gute in hiesiger Gegend beobachtete ich im Juni 1839 einen mir sehr interessanten Krankheitsfall bei einer 7 jährigen weiß- und schwarzbraunen Kuh von Oldenburger Rasse. Die in Rede stehende Kuh kam eines Abends von der Weide, ohne daß sie den Tag über, wie der Hirte berichtete, gefressen hatte. Die Milch war verschossen und auch im Stalle wollte das Tier kein Futter nehmen. Es bestand Verstopfung. Sonstige Krankheitserscheinungen waren nicht vorhanden, auch der Leib war nicht aufgetrieben, vielmehr eingefallen. Am anderen Tage hatte sich Fieber mit sehr schnellem Atmen eingefunden. Der Zustand des Tieres war sehr aufgeregt, es fraß nichts, aber soff desto mehr, aber nur kaltes Wasser. Der Hirte hatte aus dem Darme eine große Menge koagulierten Blutes herausgeholt. In einigen Tagen erholte sich die Kuh wieder, der Appetit und die Milchsekretion stellten sich wieder ein. Das Tier hatte eine weiße und eine schwarze Haut und beide waren ungefähr von gleichem Umfange. Mit dem Eintritt der Besserung stellte sich eine außerordentliche Empfindlichkeit in den weißen Teilen der Haut ein, sie trieb auf, das Haar sträubte sich, es trat vermehrte Wärme in den weißen

[1] Hertwig, *Praktisehe Arzneimittellehre für Tierärzte.* Berlin 1833.

[2] Erdt, Wirkung einer Krankheit auf die weiße Haut einer Kuh. *Magazin für Tierheilkunde.* Jahrgang 1840.

Stellen ein und die Empfindlichkeit steigerte sich mit jedem Tage, während an den schwarzen Hautstellen nicht die mindeste Abnormität zu bemerken war. An den Rändern, wo die schwarze Haut mit der weißen verbunden war, löste sich die weiße Oberhaut mit den Haaren, warf sich auf und war ganz trocken und pergamentartig. Das Tier hatte die entsetzlichsten Schmerzen in der Haut, es legte sich nie und duldete keine Berührung. Nach 14 Tagen war am ganzen Tiere keine Spur weißer Haut oder weißen Haares mehr zu finden. Unter dieser Oberhaut war die bloße Lederhaut naß und blutrünstig. Das Malpighische Gewebe war mit der Oberhaut und den Haaren abgegangen und das halbe Tier war geschunden. Die Epidermis erzeugte sich nur sehr langsam, die Haare kamen erst sehr spät nach und nach zum Vorschein und nach 3 Monaten war die ganze Haut fast noch entblößt von Haaren. Das Merkwürdige bei dieser Krankheit ist der Umstand, daß nur die weiße Haut abging und daß überall, wo schwarze Haare saßen, auch nicht die geringste Veränderung an der Haut zu spüren war. Alle diese Flecken, sie mochten so klein sein, so isoliert und entfernt stehen, wie sie wollten, sie mochten eine Form haben, wie sie wollten, sie mochten lang, rund, eckig, zackig, spitz sein, sie mochten an der Stirne, an den Ohren, der Nasenspitze oder den Beinen sich befinden, häuteten sich ganz genau und scharf an den schwarzen Haaren abgeschnitten ab. Dagegen blieben alle schwarzen Hautstellen von ebensolchen verschiedenen Formen stehen."

Der von Burmeister in Anklam im Jahre 1842 beobachtete Fall darf wohl ebenfalls als Buchweizenkrankheit gedeutet werden.[1] Burmeister ist allerdings der Ansicht, daß der Genuß von Wicken und Luzernen, welche von einem Insekt der Gattung Aphis befallen waren, als Ursache des Absterbens der weißen Hautstellen anzusprechen sei. „Im Monat Juli", sagt Burmeister, „wurde das Wickenfutter und die Luzerne, besonders aber das darunter befindliche Unkraut, von einem zur Gattung Aphis L. gehörigen Insekt in so hohem Grade befallen, daß das Verfüttern derselben für die Pferde nachteilig wurde. Die Tiere wurden nämlich an den Füßen und dem Maule ganz besonders, zum Teil ausschließlich an den mit weißen Haaren besetzten Stellen, von einem eigentümlichen, der Mauke sehr ähnlichen Ausschlag befallen, wobei die betreffenden Körperstellen ödematös anschwollen, eine bräunliche klebrige Feuchtigkeit aussickerten und dann die Oberhaut in großen zusammenhängenden Stücken sich ablöste."

Hering stellte wohl als erster experimentelle Versuche an einem scheckigen Ziegenbock und an 5 Schafen an.[2]

Obwohl es ihm bei den genannten Tieren nicht gelang, die Erscheinungen des Fagopyrismus auszulösen, ist er dennoch der Ansicht, daß die Ursache oft verkannt und andere Krankheitsursachen beim Brand weißer Hautpartien herangezogen werden. In seinem Buche finden wir folgende diesbezügliche Hinweise:

„Dieser Ausschlag befällt Schafe (besonders Lämmer und Jährlinge), Ziegen, Schweine, seltener Rinder oder Pferde. Er hat besonders die Eigentümlichkeit, daß er nur die weißen Stellen der Haut trifft, die dunkleren aber

[1] Burmeister, *Magazin für Tierheilkunde.* 1844. Bd. X.

[2] Hering, *Spezielle Pathologie und Therapie für Tierärzte.* Stuttgart 1842.

völlig verschont. Wenn die genannten Tiere Buchweizen, grünen, in der Blüte und mit einigem Körneransatz, fressen und zugleich im Sonnenschein sich aufhalten, schwellen die weißen Stellen der Haut (besonders die Ohren) an und werden stark gerötet. Im Stalle gefüttert, zeigt sich die Wirkung des Buchweizens nicht, ebenso verliert sie sich, wenn die Tiere in den Schatten gebracht werden, nach 12 bis 24 Stunden.

Mir gelang es nicht, in den Jahren 1833 bis 1834 bei einem scheckigen Ziegenbock und bei 5 Schafen, die blühenden und samentragenden Buchweizen zu fressen bekamen und dabei starker Sonnenhitze ausgesetzt waren, den Ausschlag hervorzubringen. Einen Ausschlag und Anschwellung weißer Hautpartien, jedoch ohne daß der Genuß von Buchweizen beschuldigt werden konnte, hat man in dem Gestüt zu Alt Ulrichstein (im Juli und August 1828) an den Fohlen beobachtet. Es wurde die naßkalte Witterung als Ursache angegeben, vielleicht war aber ein wildwachsender Polyganum schuld."

Beobachtungen, welche mit den bei der Buchweizenerkrankung gemachten in weitgehendstem Maße übereinstimmen, machte Schrebe im Jahre 1843.[1]

Nach der Ansicht Schrebes sind es allerdings von Blattläusen befallene Wicken, die an den weißen Hautstellen der Tiere Veränderungen hervorzurufen imstande sind und nicht Polyganumarten. Die von Schrebe aufgezählten Symptome stimmen mit den in der Literartur erwähnten des Fagopyrismus so sehr überein, daß man vielleicht daran zweifeln kann, ob die Schrebeschen Beobachtungen den von ihm erwähnten Tatsachen entsprechen. Ich möchte nur mit einigen Worten darauf hinweisen, daß bei den von Schrebe beobachteten Tieren nur die weißen Abzeichen erkrankten, daß dunkle, im Stalle gehaltene weiße Pferde die Erscheinungen nicht zeigten und daß selbst von Schrebe das Sonnenlicht als auslösendes Moment der Hauterscheinungen bezeichnet wird.

„Ich sah die Krankheit zum erstenmal, ich habe dieselbe, soweit meine Bekanntschaft mit tierärztlichen Schriften reicht, nicht beschrieben gefunden", sagt Schrebe, „die Krankheit trat auf den Gütern, wo ich selbige beobachtete, stets ohne Vorboten, doch mit den Erscheinungen eines gelinden Katarrhalfiebers ein, ergriff zu gleicher Zeit mehrere Pferde und breitete sich in einem Zeitraume von einigen Tagen über den ganzen Pferdebestand daselbst aus. Selten blieben einzelne Tiere und zwar nur dunkelfarbige ohne Abzeichen davon verschont. Nach der angegebenen Zeit sah man gewöhnlich keinen heilen weißen Fuß, oder heile Abzeichen am Kopfe; es glichen diese Stellen vielmehr, je nachdem die weißen Hautstellen eine größere oder kleinere Ausdehnung hatten, wunden Flächen, d. h. wenn die Oberhaut sich bereits abgelöst hatte. Die Erscheinungen, welche ich in allen mir vorgekommenen Erkrankungsfällen beobachtete, waren folgende: Die Pferde wurden plötzlich traurig, versagten das Futter, zeigten jedoch auch keine besondere Neigung zum Saufen, das Deckhaar sträubte sich, der Puls wurde etwas beschleunigt, bis zu 80 Schlägen pro Minute, dabei mäßig voll und deutlich fühlbar; Störungen im Atmen und in den Verdauungsorganen waren nicht auffallend. Das Innere des Maules im Anfang vermehrt warm, jedoch feucht, die Schleimhaut der Nase nichts Abnormes darbietend. Nach einiger Zeit,

[1] Schrebe, *Gutachten für Tierheilkunde.* IX. Jahrg. S. 479.

ungefähr 24 bis 36 Stunden nach dem Erscheinen der ersten Krankheitszeichen, bildeten sich an der inneren Seite der Lippen, Backen und namentlich auf der Zunge kleine helle, bald ineinanderlaufende Blasen, welche nur von der Schleimhaut bedeckt, nie auf größeren Flächen, sondern stellenweise erscheinen. Die diese Stellen bedeckende Schleimhaut löste sich bald ab und man sah die etwas dunkler als im Normalzustand gefärbte Muskelsubstanz. Die Zunge selbst war nur unbedeutend geschwollen und schien ihre Berührung dem Tiere Schmerzen zu verursachen. Eine vermehrte Schleim- oder Speichelabsonderung war nicht zu bemerken, vielmehr blieben im ganzen Verlaufe der Krankheit die Schleimhaut der Nase und des Maules normal feucht. Mit den angeführten Erscheinungen trat fast gleichzeitig eine bedeutende Entzündung der Augenlider ein. Dieselben waren bedeutend geschwollen, sehr vermehrt warm, die Bindehaut bedeutend aufgelockert, mit Blut strotzend überfüllt, die Tränenabsonderung in der ersten Zeit reichlich, später jedoch ganz aufgehoben. Die Augen waren fast geschlossen und nur im Anfang der Krankheit versuchten die Tiere von Zeit zu Zeit den inneren Augenwinkel etwas in die Höhe zu heben, später fand dies nicht mehr statt. Auf der Weide oder in hellen Ställen standen die Patienten stets mit von der Sonne gewandten Köpfen gegen äußere Eindrücke bedeutend abgestumpft still auf einem Fleck, und nicht ganz selten kamen infolge des gehinderten Sehens namentlich auf der Weide Unglücksfälle, wie z. B. Stürzen in Gräben, Pfützen usw. vor und gingen einige Stück auf diese Art verloren. Die Entzündung ergriff stets beide Augen und gleich stark. An den Füßen, welche bei sonst dunkel gefärbten Pferden weiße Abzeichen hatten, entstand an den weißen Hautstellen vermehrte Wärme, Entzündung, Spannung, Aufrichten der Haare und bedeutender Schmerz. Nach einigen Tagen schrumpften die weißen Hautstellen ein und lösten sich allmählich von der Grenze der dunkeln Haare bis zur Mitte los. Ihre Ränder erhoben und krümmten sich nach außen und bald darauf konnte das ganze, nunmehr verhärtete und durch den ausgedrückten Eiter mitunter sehr verdickte Hautstück mit leichter Mühe entfernt werden. Oft fielen diese Stücke vermöge ihrer eigenen Schwere von selbst ab. An den nun von der Oberhaut entblößten Stellen zeigte sich stets eine gutartige Eiterung und nur wenn widrige Einflüsse, z. B. Reiben, Scheuern usw. störend auf dieselben gewirkt hatten, erschien die Granulation etwas üppiger und mußte durch zweckmäßige Mittel herabgestimmt werden. Die Heilung dieser Stellen erfolgte durch allmähliches Absterben in ziemlich kurzer Zeit und obgleich die Haare verloren gingen, so wurden die Wurzeln derselben nicht gestört und erstere erzeugten sich auf diesen Stellen wieder. An den weißen Fußgelenken bildete der unter der Haut befindliche Eiter in der Nähe der Ballen, durch die Örtlichkeit begünstigt, nicht selten Versenkungen, doch konnten diese Stellen leicht mit dem Finger in offene Wundflächen umgewandelt und der weiteren Versenkung des Eiters Einhalt getan werden. Dieses Absterben erstreckte sich jederzeit nur auf die weißen Hautstellen, überschritt nie deren Grenzen, verschonte jedoch auch nicht die kleinsten weißen Flecken. Bei der Verschiedenheit der weißen Abzeichen sah man oft nur 1, 2, 3, mitunter alle 4 Füße leiden und ein bedeutendes Jucken dieser wunden Stellen war die Ursache, daß die Pferde sich auf jede nur mögliche Art zu scheuern versuchten und oft mit den Zähnen

die etwas gelösten Hautstücke losrissen, wobei nicht selten bedeutende Blutungen, selbst arterielle, eintraten und überhaupt durch diese g waltsame Reizung eine bedeutende Verschlimmerung des Übels herbeigeführt wurde. Nach dem Eintritt der Eiterung ließen die Schmerzen bedeutend nach, doch blieben auch dann noch bei manchen Patienten Fiebererscheinungen bemerkbar; das Hautjucken bestand jedoch bis zur gänzlichen Heilung fort. Doch nicht nur auf den weißen Hautstellen an den Füßen, sondern auch auf die weißen Abzeichen an dem Kopf erstreckte sich dieses Hautleiden; Blasen, Schnippen, selbst kleine Blümchen an der Stirne mußten leiden und wurde hier ebenfalls nach vorangegangenem Entzündungsprozeß, ähnlich wie an den Füßen, die weiße Haut mit den Haaren abgestoßen, doch war hier die Eiterung nicht so stark und schien die Schorfbildung nach der Entfernung der weißen Hautstücke weit rascher vor sich zu gehen. Wurden jedoch diese Stellen durch Scheuern, Reiben gereizt, so war deren Heilung weit hartnäckiger. Bei dunklen Pferden kam dieses Hautleiden nicht vor, dagegen war die Entzündung der Augen stets heftiger und trotzte hartnäckiger den entgegen angewendeten Mitteln; die Exkretionen der Schleimhaut, des Mundes, der Zunge usw. waren stets vorhanden, doch nicht bedeutender als bei Pferden, welche stark mit dem Hautübel behaftet waren. Schimmel litten, wenn sie von dieser Krankheit befallen waren, bedeutend, oft waren die Füße bis zum Bauche und der Kopf nur eine große Wundfläche, die Augenentzündung dagegen seltener und wenn selbige vorhanden, doch sehr unbedeutend. Die absondernden Flächen wirkten hier wahrscheinlich als Ableitungsmittel. Bei den Abarten der Schimmel litten nur die helleren Stellen an Kopf und Füßen und der Krankheitsverlauf war wie bei den Pferden mit Abzeichen. Schecken sind mir an dieser Krankheit leidend nicht vorgekommen, auffallend jedoch ist es, daß nur die vom Mittelpunkt des Körpers am entferntesten liegenden weißen Hautstellen und nur die angeborenen von dieser Krankheit ergriffen wurden, während die später entstandenen weißen Flecken am Rücken von vorangegangenen Satteldrücken herrührend ganz verschont blieben. Mit dem Verschwinden der bedeutenden Entzündungssymptome kehrte auch die verlorene Freßlust zurück. Mit der sogenannten brandigen Mauke kann diese Krankheit nicht verwechselt werden, wenn auch einzelne Erscheinungen, z. B. da Absterben ganzer Hautstücke, bei beiden Krankheiten gewisse Ähnlichkeit haben; denn die Mauke ergreift die Füße, ohne auf die Farbe derselben Rücksicht zu nehmen, beschränkt sich nie auf einzelne Stellen, dringt stets in die Tiefe und bildet tief Löcher und üble bösartige Geschwüre, welche nie von selbst heilen und oft trotz der sorgfältigsten Behandlung immer tiefer um sich greifen, während sich diese Krankheit nur auf die Haut beschränkte, nie tiefgehende Geschwüre bildete, oder nie die Haarwurzeln zerstörte, daher blieben auch nach ihrem Verschwinden keine bemerkbaren Spuren, z. B. haarlose Stellen, Kallositäten, wie man sie nach der brandi en Mauke nicht selten findet, zurück. Wenngleich auch das Auftreten der Krankheit für den ersten Augenblick Besorgnis erregte, so wa doch der Verlauf hö hst gutartig. Die Heilung erfolgte stets gründlich und in ziemlich kurzer Zeit. Nachkrankheiten habe ich nie bemerkt, ebenso forderte der Tod, wenn nicht besondere Un-

glücksfälle obwalteten, keine Opfer. Der ökonomische Schaden bestand bloß darin, daß mitunter sämtliche Pferde eines Gutes 8 bis 14 Tage keine Dienste leisten k nnten. Zu den ursächlichen Momenten dieser Krankheit rechne ich hauptsächlich den Genuß des grünen Futters und den Einfluß der Witterung. Die Krankheit trat nur da auf, wo die Pferde auf den dieses Jahr besonders dürftigen Weidegang beschränkt waren und zur völligen Sättigung Grünfutter, namentlich Wicken erhielten, welche so bedeutend von Mehltau, eine Art kleiner, schwarzer Blattläuse, hier Ahmen genannt, befallen waren, daß die Pflanzen anstatt grün ganz schwarz erschienen und fast blätterlos waren. Es zeigte sich dieser Mehltau alle Tage, doch spülte ein eintretender Regen diese Tierchen von den Pflanzen herunter. In diesem Sommer fehlte wochenlang der Regen, daher nahmen die Blattläuse so überhand und die Pferde mußten, vom Hunger getrieben, diese blätterlosen, dagegen mit einer un eheueren Menge von Blattläusen bedeckten Pflanzen verzehren. Einen scharfen Stoff enthielten diese Tierchen nicht, wie ich mich oft überzeugt habe, indem ich eine Quanität derselben zerdrückte und die erhaltene Flüssigkeit durch den Geschmack prüfte oder mir auf die bloße Haut strich. Pferde, welche stets im Stalle gehalten und Körnerfutter erhielten, erkrankten seltener; hier in der Stadt wurde diese Krankheit nicht bemerkt. Die Veränderung des Futters wirkte auf die Tiere besonders wohltätig und war immer Haupterfordernis zur Heilung. Daß die Witterung einen bedeutenden Einfluß auf die Entstehung dieser Krankheit hat, will ich dagegen nicht in Abrede stellen, sondern glaube vielmehr, daß der so anhaltend nasse Sommer und Herbst des vergangenen und der heiße anhaltende trockene Sommer dieses Jahres, verbunden mit den nachteiligen Wirkungen fast verdorbener Nahrungsmittel, diese Krankheit hervorgebracht haben. Ich sah diese Krankheit auch zum e stenmal und soweit meine Bekanntschaft mit tierärztlichen Schriften reicht, habe ich selbige nicht beschrieben gefunden. Alte, erfahrene Landleute wollen vor einer langen Reihe von Jahren eine ähnliche Krankheit unter den Pferden beobachtet haben, doch war selbige nicht in so großer Ausbreitung erschienen, sondern hätte nur einzelne Tiere befallen. Fraglich bleibt es immer noch, ob es ein und dieselbe Krankheit gewesen ist. Eine eigene Disposition der Tiere zu dieser Krankheit scheint ebenfalls erforderlich zu sein, indem an solchen Orten, wo die Krankheit ausbrach, mehrere und zwar ganz dunkle Pferde davon verschont blieben. Diese Disposition scheint namentlich Pferden mit heller Oberhaut und dunklen Pferden mit weißen Abzeichen eigen zu sein; wie es nun zugeht, daß nur die weiße Haut sich zur Ablagerung des Krankheitsstoffes eignet, denn dafür halte ich die vorgefundenen Erscheinungen, bleibt noch weiteren Untersuchungen überlassen. Die weiße Haut zeigt bis auf das fehlende färbende Pigment im Baue durchaus keine Verschiedenheit von der dunklen. Daß diese Krankheit ansteckend ist, bezweifle ich, denn die Tiere erkrankten gewöhnlich gleichzeitig und kamen Nacherkrankungen fast gar nicht vor. Die diätetische Pflege der Patienten cheint mir am meisten zur Heilung beizutragen, namentlich war die Körnerfütterung ein Haupterfordernis. Man mußte zur Bewegung der Tiere die kühlere Tageszeit und einen schattigen, möglichst gegen Wind geschützten Ort wählen und die Dauer derselben nach den obwaltenden Umständen bestimmen.“

Im Handbuch von Fuchs findet sich folgender Passus[1]:

„Man weiß, daß der Buchweizen im frischen und blühenden Zustande bei Schweinen, Schafen und Ziegen, seltener bei Pferden und Rindvieh und zwar nur bei weißen oder weiß gefleckten, unter Mitwirkung des Sonnenlichtes einen entzündlichen Zustand der weißen Hautstellen und Schwindel erregt. Diese Sonderbarkeit ist noch nicht aufgeklärt."

Spinola[2] stellt die Vermutung auf, daß die Färbung der Haut und die mit dieser (wahrscheinlich) korrespondierende größere oder geringere Pigmentbildung im Auge die Ursache von Schwindel ist, so daß von den Sehorganen und den mit den Sehnerven zunächst verbundenen Gehirnteilen jene Erscheinung ausgehe.

Auch Steiner ist der Meinung, daß das von Blattläusen verunreinigte Wickenfutter als Ursache des Absterbens der weißen Hautstellen angesprochen werden müsse.[3]

„Bei weiß gezeichneten Pferden und Schecken kam in einem Teil des Regierungsbezirkes Gumbinnen eine eigentümliche Hautkrankheit vor, die sich folgendermaßen charakterisierte: Ohne bemerkenswertes Unwohlsein, ohne wahrgenommene Fieberbewegungen schwollen die weißen Hautflecken der Pferde an, zeigten erhöhte Wärme und Empfindlichkeit und schrumpften dann nach 2 bis drei Tagen zusammen, wobei sich eine trockene lederartige Borke bildete, welche später durch Eiterung abgestoßen wurde. Die Grenzen dieses Hautbrandes waren stets mit denen der weißen Flecken übereinstimmend und erstreckten sich niemals weiter als diese. Die Krankheit verlief stets gutartig und endigte bald schneller, bald langsamer, je nachdem die abgestoßenen Hautstücke kleiner oder größer waren, immer mit vollkommener Gesundung. Die langen Haare an den Mähnen und am Schweif gingen niemals, wie die kurzen Deckhaare mit der brandigen Haut, verloren, sondern letztere löste sich zwischen jenen in Borken ab. Die Ursache dieses eigentümlichen Hautleidens, welches zwar schon mehrmals bei einzelnen Stücken Rindvieh, aber noch niemals bei Pferden und zwar in solcher Verbreitung beobachtet worden ist, soll auf das Füttern von mit Insekten, mit Honig und Mehltau reichlich bedeckten Wicken zurückzuführen sein. Die Krankheit bestand bald nach dem Genusse solcher Wicken und zwar litten zumeist die sogenannten Schnippen, was ursprünglich die Landleute zu der Idee führte, daß eine Schärfe jener Insekten die zarte Haut der weißen Tiere am Maule anätze. Als später auch die weiße Haut der Blessen, die der weißen Füße und bei den Schecken alle weißen Flecken am Körper wie verbrannt zusammenschrumpften und alle brandig abgestorben in dem Maße vom Körper abfielen, daß oft ganze Quadratfuß bei Pferden verloren gingen,

---

[1] Fuchs, *Handbuch der Allgemeinen Pathologie der Haussäugetiere.* Berlin 1843. S. 145.

[2] Spinola, *Die Krankheiten der Schweine.* Berlin 1842.

[3] Steiner, Epizotisch vorkommendes Absterben der weißen Hautstellen. *Magazin für Tierheilkunde.* 1843. IX. Jahrgang. — Derselbe, *Veterinär-Sanitätsbericht zu Gumbinnen für das Jahr 1841.*

mußte man jene Ansicht aufgeben. Warum aber nur die weiß gezeichneten Pferde und warum nicht auch die weiß gezeichneten dunkelfarbigen sowie ungezeichneten Schimmel dieser Krankheit oder einem vikarierenden Krankheitszustande unterliegen, ist eine Frage, deren Beantwortung tiefer blickenden Naturforschern überlassen bleibt."

In diesem Veterinär-Sanitätsbericht von Gumbinnen sagt Steiner folgendes:

„Bezugnehmend auf den Bericht vom II. Quartal dieses Jahres haben wir hier noch einer merkwürdigen Hautkrankheit zu gedenken, welche sich bei weiß gezeichneten Pferden gezeigt hat und als deren sehr wahrscheinliche Ursache der Genuß des mit Blattläusen verunreinigetn Wickenfutters bezeichnet wurde. Um die Mitte des Monats Juni begonnen, griff die Krankheit bis zur Mitte des Monates Juli um sich und hatte etwa zu dieser Zeit ihre größte Ausdehnung erreicht. Man sah zu dieser Zeit in Gumbinnen wenig gezeichnete Pferde, die nicht von der Krankheit befallen waren, alle hatten von den mit Blattläusen verunreinigten grünen Wicken als Nahrung erhalten und wo man ein gezeichnetes Pferd sah, erhielt man zur Antwort, daß es solches Futter erhalten habe, oder es sei aus der Gegend jenseits des betreffenden Höhenzuges her, wo die Krankheit zuerst aufgetreten sei. Als Mitte Juli fast sämtliche Wickenfelder der Gumbinner Gegend von den Blattläusen zerstört, die wenigen nicht ganz zerstörten Felder aber inzwischen durch den gefallenen Regen von jenen Insekten gereinigt worden waren, waren auch die Landleute fast sämtlich der Meinung, daß ein Zusammenhang zwischen der Pferde- und der Wickenkrankheit bestehe. Würde sich bei nicht gezeichneten Pferden zu gleicher Zeit eine andere Krankheit bemerkbar gemacht haben, so würde man das Abwerfen der weißen Haut bei gezeichneten Pferden weniger auffallend finden können; so aber erhebt sich die Frage, warum ertragen ungezeichnete Tiere diese oben beschriebenen Einflüsse, ohne von ihnen affiziert zu werden?"

Flemming erinnert im Anschluß an die Veröffentlichung von Burmeister an seine aus dem Jahre 1844/45 an Kühen gemachten Beobachtungen des Fagopyrismus.[1]

„Brand der weißen Abzeichen. Sonnenbrand. Kommt nur auf den weißen Hautstellen und im Sommer beim Pferde und Rinde vor. Es gibt zwei Arten: 1. die weißen Hautstellen sind zuerst empfindlich, gerötet (bräunlich, blaurötlich), auch etwas geschwollen. Hierauf verdickt die Oberhaut, wird spröde, brüchig und schilfert sich in großen, dicken Schuppen, Platten ab, die immer sich wieder erzeugen. In weiterer Steigerung ist die Haut hart, steif, unbeweglich, wie festgeklebt und bekommt tiefe Risse und Schrunden. 2. Es kommt hier zur vollständigen Ausbildung des trockenen Brandes. Die Haut ist anfangs ebenfalls entzündlich gerötet, etwas geschwollen; nach ein paar Tagen schrumpft sie aber zusammen, wird trocken pergamentartig, die Haare fest angeklebt. Allmählich beginnt nun vom Rand her die Los-

[1] Flemming, *Repertorium der Tierheilkunde*. 1881. Stuttgart. — Haubner, *Die inneren und äußeren Erkrankungen der landwirtschaftlichen Haussäugetiere*. Anklam 1848. S. 298.

trennung der oberen abgestorbenen Hautschicht. Die bloß gelegte Lederhaut ist anfangs feucht nässend, schnell folgt aber Abtrocknung und Verschorfung und die Haare sprossen wieder hervor. Ursachen: Für die erste Art alleinige Ursache die Einwirkung greller Sonnenstrahlen. Bei der zweiten Art sind aber noch andere Einflüsse wirksam, so das Futter (namentlich sind befallene Wicken anzuklagen) und bisweilen gastrische Affektionen."

Ascheberg[2] beobachtete an Kühen eine dem Fagopyrismus analoge Krankheit. Als ätiologisches Moment glaubt er die Sonnenstrahlen und die Mitwirkung eines ihm noch unbekannten Futtermittels ansprechen zu müssen.

„Ein neues Wesen zu beobachten ist schön, schöner das Wesen desselben zu erforschen und es durch zweckdienliche Mittel zu töten. Mir waren die Götter in dem einen hold, das andere blieb mir ein frommer Wunsch und ich legte die Lösung in die Hand der Erfahrung. Es war vor weniger Zeit, als ich auf einem Gute in der Nähe von Dargun über eine allgemeine Krankheit der wiederkäuenden Tiere reden hörte, die so sehr mein Interesse in Anspruch nahm, daß ich beschloß, vorzüglich weil die Patienten in meiner Nähe waren, sogleich, wenn auch unaufgefordert von dem Besitzer derselben, sie in Augenschein zu nehmen. Vorzüglich grassierte das fremde Leiden unter der großen Zahl von 1400 Schafen. Sie waren in verschiedene Abteilungen geteilt und die besten unter ihnen gingen augenblicklich einige Stunden auf die Weide, da der Eigentümer durch Futtermangel sich zu dem Heraustreiben gezwungen sah. Ich lasse den Befund reden: Das Schafvieh war schon in der Ferne auf dem Felde als krank anzusehen, denn die totale Schwäche hatte die Herde inne. In der Nähe zeigte sie sich aber als ein entsetzliches Jammerbild. Am Kopf der Tiere waren große eiternde Flächen, hier und da mit einer Haut überzogen, die beim Anfühlen ein eigentümliches knitterndes Geräusch von sich gab, teilweise hatte die Kruste die Augen mit eingenommen, so daß das Tier kaum zu sehen vermochte. Die Nasenhöhlen waren vorne geschlossen; bröckelte ich die Haut von denselben los, so zeigten sich die Gänge vollgepfropft mit gestückeltem Eiter. Unten am Kinn lagen gewöhnlich einige gelbe Pusteln von der Größe einer Erbse, die eine gleiche Materie enthielten. Die Schafe röchelten, denn das Atmen durch die Nase war unmöglich, der Puls klein, auch die Freßlust nur eine unbedeutende. Hier und da traf ich eine jener, bei denen die knisternde Haut an der Backe abgefallen war. Die Fläche war blaurot, auch wohl mit Blut getränkt und die Augen in die Höhe getrieben. Die Schafe, welche im Stalle standen, glichen den Angeführten genau, nur in einem größeren Maßstab trugen sie ihre Leiden, so daß sie einem Skelett nicht unähnlich sahen. Hier vermochte sich weder eines von den Füßen zu halten, noch das Geringste zu sehen. Die Lämmer konnten ihre Mütter nicht finden, die Alten nicht das Futter, das Wenige, was sie sonst wohl noch zu sich genommen. Bei manchen fand ich auch die Hinterschenkel oben so ergriffen, wie den Kopf; sie waren von einer widrigen Ausdünstung umgeben und hatten sich niedergelegt, um wohl nie mehr aufzustehen. ‚Meine Tiere waren gesund', so berichtete der Besitzer, ‚nichts zeigte sich als abnorm', kurz es

[1] Ascheberg, Eine privative Krankheit. *Magazin für Tierheilkunde.* 1850. Bd. XVI.

war keine Spur, kein Gedanke von Unpäßlichkeit in der Herde. Ich beschloß zu der jetzt passenden Jahreszeit dieselbe ins Freie zu treiben. Kaum war sie jedoch eine Stunde dort gewesen, so zeigte sich bei einigen eine Geschwulst des Kopfes und des Maules. In dem Wahn, die Ursache möge irgend ein schädliches Kraut gewesen sein, zog ich diese kleine Unannehmlichkeit nicht in Betracht; aber als ich bald darauf das Anschwellen des Kopfes allgemein werden sah, ließ ich die Herde in den Stall führen, wo sich schon am kommenden Tage alles so charakterisierte, wie es noch heute ist. Manches Schaf ist seitdem gestorben. Ebenso verhielt es sich mit den Kühen. Diese waren im vergangenen Jahr ebenso befallen.'

Die Kühe, es waren ihrer, wenn ich nicht irre, zwölf, die übrigen sollten verschont geblieben sein, konnten heute nach vollen 12 Monaten noch als merkwürdig ergriffen bezeichnet werden. Gewöhnlich am Kreuz oder Nacken lagen pustulöse Geschwüre, entzündet aussehend; auch stellenweise wohl aufgetrocknet und mit einer eigentümlichen Hautkruste bedeckt. Ich sage, merkwürdig waren die Kühe anzusehen und was noch mehr sagen will, rätselhaft, wenn man auf die Sonderbarkeit des Weges verfiel, den das Leiden nach der Spielart der Haare eingeschlagen. Es fanden sich die Haarstellen am Kreuz, die die verschiedenartigsten Windungen machten, aber nie hatte der Ausschlag sich auf ein rotes, ein schwarzes usw. Feld verirrt, er blieb isoliert auf das weiße beschränkt. Im übrigen nahm ich kein Übelbefinden unter den Kühen wahr, obgleich eine unerträgliche Luft, von den Geschwüren herrührend, über den Tieren schwebte. Es reduziert sich meine Meinung über die Entstehung des Ausschlages lediglich auf das Futter, da man kein Kontagium annehmen kann. Die Nahrungsmittel bestanden aus gut geworbenem Heu, Stroh usw."

Ollmann in Franzburg[1] berichtet über folgenden Fall:

„Eine Kuh auf dem Rittergute Behrenwalde wurde von Hirten krank gemeldet. Die Kuh war fast ganz weiß, mit einzelnen handgroßen und zollgroßen schwarzen Flecken. Sämtliche weiße Haut des Körpers war pergamentartig hart, schrumpflich und beim Druck unschmerzhaft. Ich fand sonst keine Störungen im Allgemeinbefinden, namentlich waren keine gastrischen Zustände zugegen. Ich ließ zur Erregung der Hauttätigkeit Bedecken mit in kaltes Wasser getauchten Lacken und Besprengung der Haut mit Terpentinöl und Frottieren der Haut ohne Erfolg machen. Tags darauf lösten sich die Hautstücke, scharf begrenzt von der mit schwarzen Haaren bedeckten, ab. Die Kuh sieht noch jetzt (seit dem Eintritt der Krankheit 30. August) wie abgeledert aus. Die Haare sind auf den Stellen noch nicht wiedergekommen, scheinen sich auch nicht wieder einfinden zu wollen. Wo nur irgend ein schwarzes Haar stand, und wenn es einen Raum wie einen Silbergroschen groß bedeckte, ist es stehen geblieben. Der kleine, zwischen beiden Hörnern stehende, gekräuselte Haarschopf, der weiß ist, blieb stehen. Die Kuh ist bis jetzt immer munter und ein guter Fresser. Noch bemerke ich, daß wir zu der Zeit heftigen ON-Wind hatten, der auf die weiße Haut einen zuerst reizenden, sodann einen ertötenden Eindruck machen konnte.

[1] Ollmann, Sogenannter partieller Hautbrand. *Magazin für Tierheilkunde.* 1857. Bd. XXIII. S. 127.

Rabe beobachtete bei 48 Lämmern folgende Veränderungen[1]:

„Bei 48 Lämmern beobachtete man, als die Tiere auf der Weide waren, an einem hellen Tage stark gerötete und geschwollene Ohren. Am heftigsten erkrankten die weißen, die durch Staub verunreinigten Tiere weniger. Die Tiere hatten reichlich mit Hafer und Buchweizen sowie Lupinien gemischtes Futter erhalten. Solange die Tiere im Stalle waren, hatten sich auf der Haut keine Veränderungen bemerkbar gemacht.

Hering und Vogel geben folgende Schilderung der Buchweizenkrankheit[2]:

„Im Winter 1844/45 nämlich waren 3 Kühe größtenteils mit dem Stroh, den Blättern und der Spreu von Buchweizen durchgewintert worden.[3] Eine der Kühe, etwa 2 Jahre alt, war fast von ganz weißer Hautfarbe, die andere, etwa 7 Jahre alt, war schwarz und weiß, die dritte von nahezu 9 Jahren war blau und weiß. Im Frühling 1845 zeigten sämtliche 3 Tiere eine große Empfindlichkeit gegen freie Luft, vorzüglich aber gegen den Sonnenschein und diese Empfindlichkeit war bei der zweijährigen weißen Kuh ungemein groß, weniger bei der siebenjährigen und am geringsten bei der neunjährigen. Die Kühe wollten nicht auf der Weide bleiben, sondern trennten sich nach kürzerer oder längerer Zeit von der Weide und liefen in den Stall zurück; sobald sie dann wieder auf die Weide gebracht und dort freigelassen wurden, nahmen sie alsbald jedesmal ihren Weg wieder zum Stalle. Erst nach mehreren Wochen bzw. Monaten gewöhnten sich die Tiere einigermaßen an den Weidegang. Die weiße Kuh, wenn sie gezwungen war, im Freien zu bleiben, sprang hoch in die Luft, dann wie tot zur Erde nieder, warf sich auch, wenn sie Gelegenheit dazu hatte, ins Wasser oder in den Schlamm, wo sie den ganzen Tag über nicht fortzubringen war und ließ vom Fressen fast ganz ab. Die Heftigkeit der Zufälle steht demnach mit der ausgedehnten weißen Hautfarbe im geraden, dagegen mit dem höheren Alter der Tiere im umgekehrten Verhältnis. Es liegt wohl kein Zweifel vor, daß die geschilderten Zufälle die Folge von Buchweizenfütterung waren, da dergleichen auch bei Schweinen, besonders auch bei weißen, unter gleichen Umständen mehrfach beobachtet wurden; dahingegen waren, soviel Referent weiß, derartige Vorkommenheiten bei anderen Tieren bis dahin nicht allgemein bekannt geworden. Gewiß aber ist zu wünschen, wenn hierüber anderweitige Erfahrungen gemacht werden, daß dieselben öffentlich mitgeteilt würden. Nach einer anderweitigen Mitteilung von Möglin hat man durch viele Versuche bestätigt gefunden, daß die nachteilige Wirkung der Buchweizenfütterung nur bei weißen Tieren (auch bei weißen Schafen und Ziegen) eintritt, sobald sie dem Sonnenlicht ausgesetzt werden, daß bei schwarzen Tieren eine solche nachteilige Wirkung nicht eintritt und daß auch weiße mit Buchweizen gefütterte Tiere im Stalle gesund bleiben; dabei ist das Merkwürdigste, daß nich bloß die natürliche schwarze Farbe die Schafe

[1] Rabe, *Mitteilungen aus der tierärztlichen Praxis im Staate Preußen.* 16. Jahrgang, Berichtsjahr 1866/67. S. 176.

[2] Hering u. Vogel, *Repertorium der Tierheilkunde.* Stuttgart 1889. S. 29.

[3] Diese Mitteilung stammt von Hering aus dem Jahre 1844/45, vgl. *Mitteilungen aus der tierärztlichen Praxis in Preußen 1863/64*, ref. v. Hering.

vor jenen nachteiligen Folgen schützte, sondern daß auch von Natur weiße, aber schwarz angestrichene Schafe verschont blieben."[1]

Eine sehr eingehende Beschreibung der Buchweizenpflanze und des Fagopyrismus gibt Dammann.[2] Dammann sagt u. a. folgendes:

„Nämlich hat man gesehen, daß weiße und weißgefleckte Schafe und Schweine, wenn sie grünen Buchweizen draußen im Sonnenschein oder wenigstens bei hellem Wetter gefressen haben und nach der Aufnahme im Stalle heraus an das Sonnenlicht gebracht werden, eine Entzündung des Kopfes, besonders des Gesichtes, der Augenlider und Ohren, die oft von anhaltendem Juckgefühl begleitet ist, aufweisen; daneben entweder häufiges Schütteln und Drehen mit dem Kopf entstand und Unruhe, Tobsucht und wildes Umherspringen oder starke Betäubung und stumpfsinniges Dastehen, Taumeln und unsicherer Gang und zuweilen auch beschleunigte Respiration auftritt. Je stärker die Hautentzündung, um so heftiger ist gewöhnlich die Hirnaffektion und es kann hin und wieder auch der Tod eintreten. Mitunter ist das Allgemeinbefinden aber gar nicht getrübt und es zeigt sich lediglich Röte, Wärme und Schwellung des Kopfes, oder auch Blasenbildung auf der entzündeten Hautfläche mit Verschorfung nach dem Platzen der Blasen (sogenannte Kopf- oder Blatterrose). Ja es kommt vor, daß nur die Ohren stark gerötet und geschwollen sind, so daß sie durch ihre eigene Schwere am Kopf schlaff herunterhängen.[3] Die Art dieser sogenannten Buchweizenkrankheit hat manches Eigentümliche. Bei hellem Wetter genügt schon ein halbstündiger Aufenthalt auf der Weide, um sie in ausgesprochener Form zum Vorschein kommen zu lassen. Werden die Erkrankten dann in den Stall getrieben, so mindern sich alle Zufälle schon in wenigen Stunden ganz beträchtlich und am folgenden Tage sind diese gewöhnlich ganz verschwunden. Die Rückkehr ins Freie läßt sie aber in der Regel sofort von neuem hervortreten."

An einer anderen Stelle zitiert er folgenden Passus[4]:

„In der unverkennbarsten Weise macht sich dabei der Einfluß der Tageshelle und des Sonnenlichtes geltend. Die Tiere können bei trübem Wetter 8 Tage lang die Buchweizenfelder begehen, oder nach früherer Buchweizengrünfütterung im Stalle ebensolange auf kleinen Grasweiden gehütet werden, ohne daß die Symptome der Krankheit zum Ausdruck kommen, ein einziger heller und warmer Tag kann dann hinreichen, sie in vollem Umfange in Szene zu setzen."

---

[1] *Praktisches Wochenblatt der Allgemeinen deutschen landwirtschaftl. Zeitung.* 1846/47 und *Landwirtschaftliches Zentralblatt.* 1875.

[2] Dammann, *Die Gesundheitsfrage der landwirtschaftlichen Haussäugetiere.* Berlin 1886.

[3] Vgl. Glocke, *Mitteilungen aus der tierärztlichen Praxis im Staate Preußen.* 16. Jahrgang. S. 176.

[4] Vgl. Möglins *Annalen.* Bd. V. S. 423; Bd. VI. S. 332; Bd. VII. S. 66; Bd. XIII. S. 195.

Weiter sagt Dammann: „Schwarze Tiere bleiben immer verschont und selbst die durch Schweiß und Staub schmutzig dunkel gewordenen leiden minder erheblich als die rein weißen Stücke.[1] Die Pathogenese dieser Krankheit ist zurzeit noch völlig unaufgeklärt.“ Dammann sagt weiter: „Mit den hin und wieder ausgesprochenen Mitteilungen, daß eine chemische Noxe für sie verantwortlich gemacht werden müsse, läßt sich die auffällige Einwirkung des Sonnenlichtes und der Umstand gar nicht vereinbaren, daß das Übel nur in manchen Jahren und stellenweise einmal auftritt; eine nüchterne Prüfung will es viel plausibler erscheinen lassen, daß das auslösende Moment in niederen Organismen zu suchen ist, welche auf der Buchweizenpflanze vegetieren, freilich nicht in dem hochentwickelten Wesen wie Insekten, welche der Franzose Callion schon vor längerer Zeit anzuschuldigen zu sollen glaubte, s ndern in pflanzlichen Gebilden von der untersten Stufe; gesehen hat sie allerdings noch niemand und wie man den Effekt der Tageshelle zu deuten hat, wird auch bei dieser Annahme noch nicht hinreichend verständlich, immerhin läßt sich denken, daß die Organismen oder deren Spuren unter dem Einfluß des Sonnenlichtes leichter sich verflüchtigen und mehr befähigt werden, in die Haut, auf welche sie abgelagert sind, sich einzubohren und ihrerseits mag die Körperdecke auch wohl eine derartig gelockerte und geschwellte Beschaffenheit dabei annehmen, daß sie das Eindringen der kleinen Lebewesen eher gestattet. Mit der Anschauung, daß Befallungspilze die Ursache abgeben, sind auch die sonstigen Erfahrungen nicht wohl in Einklang zu bringen, welche man mit anderem Buchweizenfutter gemacht hat, denn nicht nur das Grünfutter, sondern auch Körner und Stroh, Spreu und Kaff haben mitunter schädigende Wirkungen gezeigt. Schafe sind auch zur Winterzeit im Stalle nach anhaltender Strohfütterung von einem Juckgefühl befallen worden, das sich durch Scheuern, Knabbern und Wälzen auf dem Erdboden kund gab. Dabei sollen die Tiere schlechte Freßlust gezeigt und die Mütter vermutlich infolge der mangelhaften Futteraufnahme teilweise Lämmer mit ödematösen Schwellungen geboren und hinterher wenig Milch gegeben haben.“

Dammann kommt nun noch ausführlich auf die von Rabe geschilderte Beobachtung zu sprechen.

In der Zeitschrift „Äthnologie“ beschäftigen sich Wedding, Acherson und Virchow mit dem Fagopyrismus der Tiere.[2]

Wedding zu Gumbinnen machte mit Buchweizen folgende Versuche:

„Wenn man Buchweizenstroh, ebenso Buchweizenspreu usw. an Wiederkäuer verfüttert, so bekommen die Tiere zum Teil bläschenförmige Auftreibungen der Haut, unter welcher sich eine klare gelbliche Flüssigkeit ansammelt. Eingehende Untersuchungen, warum nicht alle Tiere von dieser

---

[1] Vgl. *Königl. Großkurfürstl. Landwirtsehaftl. Gesellschafts-Nachrichten.* Heft III. S. 460.

[2] Wedding, Acherson und Virchow, Über den Einfluß des Lichtes auf die Haut der Tiere. *Zeitschrift für Äthnologie,* herausgegeben von Bastian Hartmann und Virchow. 1887. Bd. XIX. S. 67.

ungefährlichen Krankheit befallen wurden, führten mich zu der höchst merkwürdigen Entdeckung, daß

1. die dunkel pigmentierten Tiere von der Krankheit verschont blieben,

2. je heller ein Tier war, die Krankheit um so heftiger auftrat,

3. je mehr die Tiere nicht bloß dem diffusen, sondern dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt wurden, desto heftiger die Krankheit war, dergestalt, daß

4. ganz ins Dunkel gebrachte ebenfalls nicht krank wurden (wenigstens nicht in 4 Tagen),

5. endlich zeigte eine weiße Kuh, die ich zur Hälfte (die rechte Seite) mit Teer schwarz gemacht hatte, auf weißen Stellen die Krankheit, während die geschwärzte Haut gesund blieb, ebenso wie das bei von Natur bunten (schwarz und weiß geschecktén) Tieren der Fall war."

Auf diese Bemerkungen von Wedding sagt Acherson, daß ihm diese Tatsachen schon seit seiner Jugend her bekannt seien, von seinem verstorbenen Vater Dr. Acherson habe er als eine in Italien gemachte Beobachtung erwähnen hören, daß bei Fütterung von Buchweizenstroh schwarze Tiere und weiße im Dunkeln gesund blieben, während letztere auf sonnigen Weiden unter Schmerzen an einer Vergiftung durch ein narkotisches Mittel erkrankten. Er erzählt, daß der Kreistierarzt Rutte in Swinemünde ebensolche Beobachtungen gemacht habe.

Virchow macht zu den erwähnten Beobachtungen von Wedding und Acherson folgende Bemerkung:

„Wahrscheinlich ist ihre Erklärung nicht so einfach wie man annimmt. Es können drei verschiedene ursächliche Momente: das Licht, der Pigmentmangel in Haut und Haar und die giftige Substanz konkurrieren."

Darwin gibt in seinem Buche über das Variieren der Tiere und Pflanzen, II. Bd., übersetzt von Karus 1873, S. 383 folgende Schilderung der Buchweizenkrankheit:

„Die Fälle von Immunität gegen die Wirkung gewisser Gifte im Zusammenhang mit der Farbe sind noch interessanter und bis jetzt völlig unerklärlich. Ich habe bereits nach der Autorität des Prof. Weimann einen merkwürdigen Fall angeführt, wo alle Schweine mit Ausnahme der schwarz gefärbten in Virginien bedenklich nach dem Genuß der Wurzel von Lachnataes dintoria erkrankten."

Nach Spinola und anderen[1] ist Buchweizen polyganum fagopyrum, wenn er in Blüte ist, weißen und weißgefleckten Schweinen äußerst schädlich, wenn sie der Sonnenwärme ausgesetzt sind, ist aber schwarzen Schweinen völlig unschädlich.

Beim Rinde haben Jonhardt und Herdt unabhängig von der Wirkung irgend eines Giftes Fälle von Hautkrankheiten mit bedeutenden konstitutionellen Störungen in einem Falle nach der Einwirkung der warmen Sonne mitgeteilt, welche jeden einzelnen Punkt affizierten, der ein weißes Haar

---

[1] Heusinger, *Wochenschrift für Tierheilkunde.* Mai 1846. S. 277.

trug, aber über andere Stellen des Körpers völlig hinwegging. Einige Fälle sind bei Pferden beschrieben worden.[1]

Nach Pott stellen sich bei mit Buchweizen gefütterten Tieren folgende Erscheinungen ein[2]:

„Bei Verfütterung von Buchweizen, der unvermischt angebaut war, ist ferner insofern eine gewisse Vorsicht zu beobachten, als danach leicht eigentümliche Krankheitserscheinungen, die sogenannte Buchweizenkrankheit auftreten. Die Rinder bekommen besonders dann, wenn sie bei Sonnenschein ins Freie gelassen werden, an allen Körperstellen einen schorfigen Ausschlag. Den Schafen ist der in Blüte stehende Buchweizen mitunter sehr schädlich, indem die weißen und weiß-bunten Tier , wenn sie nach dessen Genuß starkem Sonnenlicht ausgesetzt sind, oder auch nur bei hellem Wetter im Freien sich aufhalten, Anfälle von Hautjucken, Tobsucht, Schwindel und entzündlich aufgeschwollenen Kopf bekommen. Als Ursache der sogenannten Buchweizenkrankheit sieht man in neuerer Zeit niedere Organismen an; von Schmarotzerpilzen hat man bei dem Buchweizen indessen bis jetzt eigentlich nur Mehltaupilze gefunden. Erfahrene Schäfer stellen darum auch die Buchweizenfütterung ein paar Wochen vor dem Weidegang ein, weil sie nur dadurch ihre Pflegebefohlenen vor heftigen Erkrankungen sicherzustellen vermögen."

Experimentelle Versuche.

Meine ersten Versuche stellte ich im Juli 1913 mit weiß und schwarz gescheckten Kaninchen an. Die Tiere stammten von demselben Wurf und waren nahezu von gleicher Größe.

Versuch A.

1. Juli 1913. Zwei Kaninchen wurden täglich von 7 Uhr morgens bis abends in einer mi einem Drahtgitter versehenen Kiste dem hellen Tageslicht und der Sonne ausgesetzt. Als Nahrung bekamen die Tiere zweimal täglich frisch geschnittenen blühenden Buchweizen.

12. Juli 1913. Bei dem einen der beiden Kaninchen wird die weiße Nackenhaut rot. Besonders eine etwa ein Frankstück große Stelle ist hochrot, die Haare sind zum Teil ausgefallen, die Haut schuppt und fühlt sich warm an.

17. Juli 1913. Die weißen Haare auf den Oberlippen und dem Nasenrücken beginnen bei beiden Tieren sich zu lockern. Die Haut ist an den genannten Stellen rot und trocken. Die Tiere kratzen sich sehr oft auf dem Nasenrücken und im Nacken. In diesen 17 Tagen schien die Sonne nur an einem Tage ohne Unterbruch, die übrigen Tage hatten nur wenig Sonnenschein.

24. Juli 1913. Die rote Stelle auf dem Nacken des einen Versuchstiere hat sich in ein etwa 2 mm tiefes, flaches Geschwür verwandelt (Taf. II). Die histologische Untersuchung ergab: Nekrose des Epithels, starke Leuko-

---

[1] Vgl. Edinburg, *Veterinary Journal.* Oktober 1860. p. 347.

[2] Pott, *Die landwirtschaftlichen Futtermittel.* Berlin 1889.

cytose des Geschwürgrundes und starke Erweiterung der Gefäße. Das Ulcus heilt nach 4 Wochen unter Narbenbildung aus. Vermehrter Haarausfall, doch nur der weißen Haare.

30. Juli 1913. Die Tiere sind munter. Sie fressen den ihnen vorgeworfenen Buchweizen mit scheinbarem Wohlbehagen. Der Haarausfall und die Erythembildung bei dem einen Tier sehr deutlich zu sehen (vgl. Taf. II).

Mit den Versuchen wurde am 1. August 1913 abgebrochen und den Tieren eine gemischte Kost gereicht. Das Hauterythem schwand schon nach wenigen Tagen und die Haare wuchsen an allen Stellen nach; nur bei dem Tier, wo es auf dem Rücken zur Geschwürbildung gekommen war, bildete sich eine flache, rötliche und schuppende Narbe. Zur selben Zeit mit den soeben beschriebenen Versuchen fütterte ich zwei Kaninchen (aus demselben Wurf) in einem dunklen Stall mit blühendem Buchweizen. Bei diesen Tieren stellten sich an der Haut keine Veränderungen ein.

Versuch B. Mit Meerschweinchen.

1. August 1913. Ein weißes Meerschweinchen mit gelben Abzeichen und ein weißes mit gelben und schwarzen Abzeichen werden ausschließlich mit der grünen, nicht blühenden Buchweizenpflanze gefüttert und unter denselben Bedingungen wie die Kaninchen bei Versuch A der Sonne und dem Tageslicht ausgesetzt.

10. August 1913. Die weißen Ohren bei dem einen Versuchstier sind rot, geschwollen und warm anzufühlen (vgl. Taf. II). Die Tiere kratzen sich sehr oft. Bei dem anderen Tier fallen die Haare an der Schnauze aus, um da von weißen Haaren umgebene Auge bildet sich ein roter Hof. Die Haare sind an der betreffenden Hautstelle ausgefallen. Die weißen Haare lassen sich durch einen leichten Zug ausziehen, die gelben und schwarzen Haare haften stärker. Die Tiere sind munter und zeigen keine anderweitigen Symptome. Die Sonne war während diese 10 Tage selten vollkommen klar, nur an zwei Tagen schien sie ununterbrochen. Bei zwei Kontrollmeerschweinchen, die in einem dunklen Ort gehalten wurden und die gleiche Nahrung wie die Versuchstiere erhielten, stellten sich keine Erscheinungen des Fagopyrismus ein. Die mit Buchweizen gefütterten Kaninchen und Meerschweinchen meiden das helle Sonnenlicht, sie suchen sich immer ein schattiges Plätzchen auf.

Aus diesen Versuchen ergibt sich:

1. Die Buchweizenkrankheit läßt sich bei Kaninchen und Meerschweinchen sowohl mit blühendem als auch mit grünem Buchweizen hervorrufen.

2. Die Erscheinungen des Fagopyrismus machen sich nur an den weißen Abzeichen der Tiere bemerkbar. Sie bestehen in Rötung, Schwellung, Blasenbildung, Nekrose der Haut und Haarverlust.

3. Die im Dunkeln gehaltenen und mit Buchweizen gefütterten Tiere zeigen keine Hautveränderungen.

4. Das Auftreten der Hauterscheinungen geht mit dem Sonnenschein proportional, d. h. je mehr Sonnenschein, desto rascher treten bei den Versuchstieren an den weißen Abzeichen Hautveränderungen auf.

Ich legte mir nun für die nächsten Versuche die Frage vor, ob es durch Filtration der Lichtstrahlen (Sonnenstrahlen) möglich wäre, die schädigende Wirkung des Sonnenlichtes auf die weißen Hautpartien der Tiere auszuschalten. Zu diesem Zwecke konstruierte ich mir aus einer Kiste einen lichtdichten Kasten, den ich durch eine Scheidewand in zwei Teile teilte. An die Türe eines jeden Kastens brachte ich zur Filtration der Lichtstrahlen eine 20 cm lange, 10 cm breite und 2 cm tiefe Küvette zur Aufnahme des Lichtfilters an. Die eine Küvette wurde mit einer Eosinlösung (1·5 ccm einer 1 prozentigen Eosinlösung auf 250 g Wasser), die andere mit einer Methylen-Blaulösung (in eben demselben Verhältnis) gefüllt. Zur Ventilation der einzelnen Abteilungen brachte ich lichtdichte Kamine und Ventilationsröhren an. Die Kasten wurden möglichst der Sonne ausgesetzt.

Versuch C.

1. Sept. 1913. In den oben beschriebenen Kasten wird ein weiß-schwarz scheckiges und ein schwarz-rot-weiß scheckiges Meerschweinchen ausgesetzt.

3. Sept. 1913. Die Tiere zeigen keine Veränderungen, sind munter, Stuhlgang vermehrt und dünn. Während dieser Versuchstage war reichlich Sonnenschein vorhanden.

8. Sept. 1913. Das Tier im Rotfilterkasten tot. Ein Stück des Mastdarmes soll aus der Afteröffnung herausgetreten sein. (Es wurde keine Sektion gemacht.)

11. Sept. 1913. Tod des Meerschweinchens im Blaufilterkasten. Sektionsbefund: Magen- und Darmschleimhaut gerötet und Magenschleimhaut gewulstet, keine frischen Blutungen. Im Pylorusteil alte Blutungen — Gastroenteritis haemorrhagica —.

Aus diesem Versuch ergibt sich, daß im Rot- und Blaufilter die Hauterscheinungen nicht auftreten. Das Auffallende dabei ist, daß die Tiere an Erkrankung des Magen- und Darmkanales zugrunde gegangen sind. Diese Beobachtungen scheinen mit den übrigen Versuchen vom Jahre 1913 im Widerspruch zu stehen. Das scheinbare Mißverständnis wurde aber durch die Versuche im Jahre 1915, wie wir noch sehen werden, geklärt.

Versuch D.

13. Sept. 1913. Aussetzen eines schwarz-weiß scheckigen und eines schwarz-rot-weiß scheckigen Meerschweinchens in die einzelnen Behälter.

25. Sept. 1913. Beide Tiere munter, zeigen keine Hautveränderungen.

30. Sept. 1913. Das Tier im Blaufilterkasten zeigt keine Hautveränderungen. Das Tier im Rotfilterkasten läßt an dem von weißen Haaren umgebenen Auge ein deutliches Erythem erkennen. Die Ohren sind geschwollen und rot. Die Flüssigkeit im Glaskasten (Rotfilter) hat seine Farbe nahezu verloren und ist hell geworden; das Blaufilter hat ebenfalls Farbe verloren, zeigt aber immerhin noch einen deutlichen blauen Farbenton.

Aus diesem Versuch ergibt sich: 1. Durch Filtration der Lichtstrahlen (Rot- und Blaufilter) ist es möglich, die weißen Hautpartien vor den Erscheinungen des Fagopyrismus zu schützen; 2. Die rote Farbe ist ebenfalls als Schutzfarbe aufzufassen; durch die Einwirkung des Lichtes hat das Rotfilter seine Farbe verloren und ist hell geworden und das Tier ist an den Erscheinungen des Fagopyrismus erkrankt.

Kontrollversuche.

Zwei Kaninchen schwarz- und weiß-scheckig und zwei Meerschweinchen schwarz-weiß und rot-schwarz-weiß scheckig wurden während vier Wochen in einem dunklen Stall mit grünem und blühendem Buchweizen gefüttert. Die Tiere zeigten während dieser Zeit an den weißen Stellen keine Hautveränderungen. Darauf wurden die Tiere ebenfalls dem Tages- und Sonnenlicht ausgesetzt; sie erkrankten sämtlich innerhalb 14 Tagen an den weißen Hautstellen an den Erscheinungen des Fagopyrismus.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß der Aufenthalt an einem dunklen Ort gegen die Erscheinungen des Fagopyrismus schützt. Mit diesen Versuchen brach ich im September 1913 meine Experimente für dieses Jahr ab.

Im Jahre 1914 setzte ich, wie schon eingangs erwähnt, meine Versuche fort. Das Versuchsfeld war auch in diesem Jahre so angebaut, daß zu den Versuchen fortwährend grüner und blühender Buchweizen zur Verfügung stand.

Es war für mich nach den in den Lichtfilterkasten gewonnenen Resultaten besonders anregend, die Wirkung verschiedener Lichtstrahlen — elektrisches Bogenlicht, Quarzlicht und Röntgenstrahlen — auf die Haut der Tiere zu studieren. Zu diesen Versuchen ging ich folgendermaßen vor:

Die Tiere wurden während 4 Tagen im dunklen Stalle mit Buchweizen gefüttert und dann den betreffenden Strahlen ausgesetzt, um nachher wieder an den dunklen Ort verbracht zu werden.

1. Elektrisches Bogenlicht. — Ein weiß-schwarz scheckiges Meerschweinchen wird während einer halben Stunde in unmittelbare Nähe einer 10 Amp. Bogenlampe gebracht und zwar so, daß die weißen Hautstellen unmittelbar den Lichtstrahlen ausgesetzt wurden. Das Tier verhält sich anfangs ruhig, nach 10 Minuten sucht es seine Lage zu verändern und muß in der angegebenen Position fixiert werden. Nach der Bestrahlung kommt das Tier mit einem Kontrolltiere in den dunklen Raum zurück und wird während 10 Tagen mit Buchweizen gefüttert. Während dieser Zeit konnte ich keine Veränderungen an der Haut feststellen.

2. Quarzlampen-Versuch. — Ein weiß-rot scheckiges Meerschweinchen, das 4 Tage im Dunkeln mit Buchweizen gefüttert worden war, wird eine halbe Stunde in unmittelbare Nähe einer Quarzlampe (Höhensonne) aufgestellt. Das Tier versucht nach kurzer Zeit seine Lage zu wechseln und sich den intensiven Lichtstrahlen zu entziehen. Nach einer halben Stunde kommt es für 10 Tage mit einem Kontrolltier in den dunkeln Raum und wird weiter mit Buchweizen gefüttert. Am zweiten Tage weist das bestrahlte Tier ein struppiges Haarkleid auf. Hauterscheinungen an den weißen Abzeichen sind nicht zu bemerken. Es sitzt apathisch in einer Ecke des Kastens, während das Kontrolltier munter ist und keine Hautveränderungen aufweist. Nach 2 Tagen hat sich das bestrahlte Tier vollkommen erholt, das Haarkleid ist glatt geworden und die Haare glänzen.

3. Röntgenstrahlen-Versuch. — Einem unter oben beschriebenen Voraussetzungen gehaltenen Meerschweinchen wurde eine Erythemdose nach Sabauraud Noiré in einer Sitzung auf die weiße Haut des Rückens verabfolgt. Bei diesem Tiere beobachtete ich keine Hautveränderungen.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß das elektrische Bogenlicht und die Röntgenstrahlen, die in den verabfolgten Dosen auf der menschlichen Haut Veränderungen hervorzurufen imstande sind, an den mit Buchweizen gefütterten Tieren keine Erscheinungen des Fagpoyrismus auslösen konnten. Das mit der Quarzlampe bestrahlte Tier wies dieselben, wenn auch nicht so intensiven Erscheinungen auf, wie die Versuchstiere aus dem Jahre 1915. Das Quarzlicht scheint in seiner Wirkung dem Sonnenlicht am nächsten zu kommen.

Mehrere Autoren weisen darauf hin, daß der Fagopyrismus der Tiere sich nicht in jedem Jahre hervorrufen lasse. Ich muß, nach meinen Versuchen zu schließen, dieser Ansicht entgegentreten. Es gelang mir im Jahre 1913, 1914 und 1915 regelmäßig, die unter A) beschriebenen Erscheinungen zu erzeugen, es stellten sich allerdings die gesamten Erscheinungen nicht in jedem Jahre innerhalb desselben Zeitintervalles ein. Diese Beobachtung erklärt sich aber aus der verschieden langen Dauer des Sonnenscheines. Aus den Experimenten von 1913 ergibt sich, daß bei wenig intensivem Sonnenschein sich (in 2 bis 3 Wochen) Hautveränderungen an den weißen Abzeichen bemerkbar machen. Wir werden aus den Beobachtungen von

1915 sehen, daß die weiß gescheckten Versuchstiere in 10 Tagen zugrunde gehen und daß es nicht zu den genannten Hautveränderungen kommt. Bei diesen Tieren äußert sich die Wirkung des Buchweizengenusses als akute Intoxikation. Die Tiere werden aufgeregt, rennen umher, taumeln und gehen unter tonisch klonischen Krämpfen zugrunde. Für das Zustandekommen dieser Erscheinungen gehört aber täglicher ununterbrochener Sonnenschein, nur bei ununterbrochenem, mehrere Tage anhaltendem Sonnenschein treten die Erscheinungen von seiten des Nervensystems in den Vordergrund. Gelingt es aber dem Tiere, sich vor den intensiven Lichtstrahlen zu schützen, dann kommt es nicht zu den zerebralen Symptomen, sondern zu Hautveränderungen an den weißen Abzeichen.

1915. Versuch E.

In diesem Jahre war der während 10 aufeinanderfolgenden Tagen ununterbrochene Sonnenschein für die Versuche äußerst günstig. Die Hautveränderungen treten in den Hintergrund, die Tiere mit weißen Abzeichen gehen unter den Erscheinungen einer akuten Intoxikation zugrunde.

23. August 1915. Zu diesen Versuchen wählte ich ein nahezu weißes Meerschweinchen, zwei schwarz- und braun-scheckige und ein rot-braun-schwarz geschecktes Meerschweinchen, welches auf der Stirne und Nase eine etwa 6 qcm große weiße Hautstelle aufwies. Die mit einem Drahtgitter zugedeckte Kiste wird alle Stunden so aufgestellt, daß die Tiere dem vollen Sonnenlicht ausgesetzt sind.

24. August 1915. Alle Tiere munter, sie erhalten zweimal täglich frisch geschnittenen grünen und blühenden Buchweizen.

25. August 1915. Keine Veränderungen.

26. August 1915. Das weiße Meerschweinchen ist schon am Vormittag sehr aufgeregt, springt umher, taumelt, weist Zuckungen der hinteren Extremitäten auf, versteckt sich ängstlich hinter die dunkel gefärbten Tiere, zeigt Atemnot, legt sich in eine Ecke und wird um 3 Uhr nachmittags tot aufgefunden. Die Sektion ergibt Rötung der Magen- und Darmschleimhaut.

27. August. 1915. Die Tiere verhalten sich normal.

28. August 1915. Das rot-braun-schwarz-gescheckte, mit einer kleinen weißen Hautstelle gezeichnete Tier ist schon am Vormittag sehr lebhaft, springt umher, verkriecht sich ängstlich hinter die dunklen pigmentierten Tiere; am Abend wird es tot aufgefunden. Die Sektion ergibt Rötung der Magen- und Darmschleimhaut, keine weiteren pathologischen Veränderungen.

31. August 1915. Die anderen dunkel pigmentierten Tiere verhalten sich vollkommen normal und zeigen keine Hautveränderungen. Die Versuche werden mit diesem Tage abgebrochen.

Versuch F.

Wir sehen im allgemeinen Teil der Arbeit, daß dunkle Tiere, selbst weiße aber künstlich dunkel gefärbte Tiere nicht am Fagopyrismus erkrankten. Ich stellte parallel zu den oben geschilderten Versuchen in einem anderen Kasten zwei schwarz-rot-weiß scheckige Meerschweinchen auf. Die weißen Abzeichen der Tiere hatte ich durch Aufstreichen einer 10 prozentigen Silbernitrat- und Pyrogallollösung künstlich dunkel gefärbt und die Versuche am 23. August begonnen. Diese Tiere verhielten sich, obwohl sie sich unter denselben Bedingungen befanden, wie diejenigen im Versuch E, vollkommen normal; sie zeigten weder Symptome von seiten des Nervensystems, noch Hautveränderungen an den künstlich gefärbten schwarzen (weißen) Abzeichen.

Aus den Versuchen E und F ergibt sich sodann:

1. Mehrere Tage anhaltender ununterbrochener Sonnenschein vermag, bei weißen und weißgescheckten Meerschweinchen Vergiftungserscheinungen auszulösen, die denjenigen einer akuten Intoxikation gleichen (vgl. Versuch C. 1913).

2. Meerschweinchen, bei welchen die Haare künstlich gefärbt wurden, erkranken weder an den soeben geschilderten Erscheinungen einer akuten Intoxikation noch an Hautveränderungen.

Unsere sämtlichen Lichtquellen geben nicht nur Licht-, sondern auch Wärmestrahlen ab. Um mich auch davon zu überzeugen, ob es wirklich Licht- und nicht Wärmestrahlen sind, die als ätiologisches Moment des Fagopyrismus anzusprechen sind, suchte ich durch eine Berieselungsvorrichtung die Wärmestrahlen möglichst auszuschalten. Zu diesen Versuchen bedeckte ich die Kisten mit einem Glas und zwar so, daß das Glasdach an der Rückwand höher zu stehen kam als an der Vorderwand. Die Berieselung ging in der Weise vor sich, daß ich am höchsten Punkte des abgeschrägten Glasdaches ein mit vielen Löchern versehenes Bleirohr anbrachte, das durch eine Rohrleitung mit der städtischen Wasserleitung in Verbindung stand. Die Berieselung erfolgte fortwährend und war so ausgiebig, daß auch in der glühendsten Augusthitze die Temperatur im Kasten angenehm und kühl war. Die in diesem Kasten befindlichen Tiere erkrankten an den unter A. geschilderten Erscheinungen. Diese Beobachtung läßt somit den Schluß zu, daß es die Licht- und nicht die Wärmestrahlen der Sonne sind, welche die Erscheinungen des Fagopyrismus auszulösen imstande sind.

Aus allen meinen Versuchen und Beobachtungen ergibt sich somit:

Daß zwei Faktoren zur Entstehung des Fagopyrismus der Tiere unbedingt nötig sind:

1. die Fütterung mit grünem oder blühendem Buchweizen und
2. das Sonnenlicht

Alle diese Versuche legen den Gedanken nahe, daß der Buchweizen einen Stoff enthalten muß, der durch Umsetzung im Tierkörper frei wird und bei Gegenwart von Licht an den weißen Abzeichen der Tiere die Erscheinungen des Fagopyrismus hervorzurufen imstande ist. Im zweiten Abschnitt dieser Arbeit werde ich versuchen, an Hand von chemischen Untersuchungen und experimentellen Arbeiten die Existenz dieses Körpers zu erbringen.

Literaturverzeichnis.

Aehmke, Über die Lichtempfindlichkeit unserer Tiere nach Buchweizengenuß. *Zeitschrift für Physiologie.* 1908. Bd. XXII. S. 185 u. 186.

Ascheberg, Eine private Krankheit. *Magazin für Tierheilkunde.* 1850. Bd. XVI. S. 408.

Bichelmaier, Experimentelle Untersuchungen über Buchweizenerkrankungen. *Monatshefte für praktische Tierheilkunde.* 1912. Bd. XXIII.

Blohmeier, Der Buchweizen. *Die Kultur der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen.* 1889. Bd. I. S. 445.

Burmeister, Anklam. *Magazin für Tierheilkunde.* 1884. Bd. X.

Busk, Über die Pathogenese des Buchweizenexanthems. *Mitteilungen aus* Finsens *med. Kulturinstitut.* 1904. Heft 9. S. 3 u. 4.

Czapek, *Biochemie der Pflanzen.* Jena 1905. S. 833.

Dammann, *Die Gesundheitspflege der landwirtschaftlichen Haussäugetiere.* Berlin 1886.

Darwin, *Das Variieren der Tiere und Pflanzen.* 2. Bd. übersetzt von Karus 1873. S. 383. Stuttgart.

Eisenblätter, Fagopyrismus. *Veröffentlichungen aus den Jahresberichten der beamteten Tierärzte Preußens.* 1903. S. 30.

Erdt, Wirkung einer Krankheit auf die weiße Haut einer Kuh. *Magazin für Tierheilkunde.* 1840.

Finsen, Zit. nach Busk. Über die Pathogenese des Buchweizenexanthems. Aus Finsens *med. Kulturinstitut.* 1904. Heft 9. S. 2.

Fischer, Untersuchungen über einige Bestandteile des Buchweizens. *Diss. med.* Berlin 1909.

Flemming, Vgl. Buchweizenkrankheit, Burmeister u. Dahl. *Mitteilungen aus der tierärztlichen Praxis in Preußen.* 1863/64.

Friedberger u. Fröhner, *Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie der Haustiere.* Stuttgart 1886. S. 551.

Fröhner, *Lehrbuch der Toxikologie.* Stuttgart 1890. S. 213.

Fuchs, *Handbuch der allgemeinen Pathologie der Haussäugetiere.* Berlin 1843. S. 145.

Glocke, *Mitteilungen aus der tierärztlichen Praxis im Staate Preußen.* XVI. Jahr. S. 178.

Haubner, *Die inneren und äußeren Erkrankungen der landwirtschaftlichen Haussäugetiere.* Anklam 1848. S. 298.

Helm, *Kulturpflanzen und Haussäugetiere in ihrem Übergang aus Asien.* Berlin 1902.

Hering, *Spezielle Pathologie und Therapie.* Stuttgart 1842.

Hering u. Vogel, *Rep. der Tierheilkunde.* Stuttgart 1889.

Dieselben, *Prakt. Wochenblatt der allgemeinen deutschen landwirtschaftl. Zeitung* 1846/47 und *landwirtschaftl. Zentralblatt.* 1875.

Hertwig, *Praktische Arzneimittellehre für Tierärzte.* Berlin 1833.

Hopf, *Die Einwanderung der Zigeuner in Europa.* Gotha 1870.

Hutyra u. Marek, *Spezielle Pathologie u. Therapie der Haussäugetiere.* 3. Aufl. Bd. 2. S. 97.

Jakobson, *Zeitschrift für Biologie.* 1901. Bd. XLI.

Jonhardt u. Herdt, *Edinbourg Veterinary Journal.* Oct. 1860. p. 347.

Klein, *Veröffentlichungen aus den Jahresberichten der beamteten Tierärzte Preußens.* 1905. S. 30.

Klimmer, *Veterinärhygiene.* 1908. S. 113.

Kobert, *Lehrbuch der Intoxikationen.* 2. Aufl. Bd. II. S. 585 u. 586.

Krafft, *Die Pflanzenlehre.* Berlin 1908. S. 58.

Metzger, *Landwirtschaftliche Pflanzenkunde.* Frankfut a. M. 1848.

Ollmann, Sogenannter partieller Hautbrand. *Magazin für Tierheilkunde.* 1857. Bd. XXIII. S. 127.

Popow, vgl. Bichlmair, Experimeutelle Untersuchungen über Buchweizenerkrankungen. *Diss. mcd. vət.* München 1912.

Pott, *Die landwirtschaftlichen Futtermittel.* Berlin 1889.

Pritsch, *Berichte über das Veterinärwesen f. d. Königreich Sachsen.* Jahrg. 1909.

Pritzel, *Sitzungsberichte der naturforschenden Gesellschaft zu Berlin.* 15. 5. 1866.

Raab, *Zeitschrift f. Biologie.* 1902. Bd. XLIV.

Rabe, *Mitteilungen aus der tierärztlichen Praxis im Staate Preußen.* XVI. Jahrg. 1866/67. S. 76.

Rauh, *Toxikologie. Prakt. Handb.* B. & C. Zürich, Orell Füssli 1781.

Ruellius, *De stirpium natura.* Paris. 1536. Basel 1537.

Schindelka, *Hautkrankheiten der Haustiere.*

Schrebe, Das Absterben weiß behaarter Hautstellen bei Pferden. *Magazin für Tierheilkunde.* 9. Jahrg. S. 479.

Spinola, *Die Krankheiten der Schweine.* Berlin 1842.

Steiner, Epizotisch vorkommendes Absterben weißer Hautstellen. *Magazin f. Tierheilkunde.* 9. Jahrg. 1843.

Derselbe, *Veterinär Sanitätsbericht zu Gumbinnen f. d. Jahr 1841. Rep. der Tierheilkunde.* Stuttgart 1881.

Straube, *Berliner tierärztliche Wochenschrift.* 1893. S. 116.

Tappeiner, *Münchner med. Wochenschrift.* 1900/02. Bd. I. S. 55.

Tappeiner u. Jodelbauer, Über die sensibilisierende Wirkung fluoreszierender Substanzen. *Monographie.* Leipzig 1907.

Virchow, *Zeitschrift für Äthnologie, Anthropologie, Urgenhütte.* 19. Jahrg. 1887. S. 68.

Wedding u. Acherson, Einfluß des Lichts auf die Haut der Tiere. *Zeitschrift füt Äthnologie.* 1887. Bd. XIV. S. 67.

Wittstein, *Handwörterbuch, Pharmakognosie des Pflanzenreiches.* Breslau 1883.

Wünsche, *Die Pflanzen Deutschlands.* 1901. S. 159.

Zedler, *Universallexikon aller Wissenschaften und Künste.* Halle 1733.

Über die agglutinogene Substanz der Hefezelle.

Von

Dr. Stefanie Lichtenstein.

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Berlin.
Direktor: Geh. Med.-Rat Professor Dr. Rubner.)

Gelegentlich einer Reihe von Untersuchungen mit Heringssperma, die sich hauptsächlich auf das Wesen der Agglutination erstreckten, bin ich auf die Frage geführt worden, welchen Zellsubstanzen der Heringsspermatozoen ihre antigene Wirksamkeit zuzuschreiben wäre. Versuche über die Natur der Agglutinogene auf chemischem Wege einen Aufschluß zu bekommen, sind wiederholt unternommen worden. Es sei hier nur an die durch Alkohol fällbaren Substanzen alter Typhusbouillonkulturen, die „Bakterienkoaguline" *A* und *K* von Pick[1] erinnert. Das alkoholunlösliche Koagulin *A*, das seinen Eiweißreaktionen gemäß nur den weitabliegenden Eiweißspaltprodukten zuzurechnen ist, wirkte agglutinogen. Das in Alkohol lösliche Koagulin *K*, das keinen Eiweißkörper mehr bildete, der agglutinogenen Wirkung nicht mehr fähig war. Carega[2] konnte bei dem aus Bouillonkultur des Bacterium coli hergestellten Nukleoproteid agglutinogene Eigenschaften nachweisen; die aus derselben Kultur erhaltene Substanz, welche die Reaktionen des Nukleids zeigte, war nicht imstande, agglutinogen zu wirken. Brieger und Mayer[3] konnten durch ein weit abgebautes Derivat von Typhusbazillen sehr stark wirksame agglutinierende Sera erzeugen.

---

[1] E. P. Pick, Hofmeisters *Beiträge.* 1901.
[2] Carega, *Centralblatt für Bakteriologie.* Bd. XXXIV.
[3] Brieger und Meyer, *Deutsche medizin. Wochenschrift.* 1903.

Für die Zwecke meiner Untersuchung schien mir ein aus dem Heringssperma von Hrn. Prof. Steudel hergestelltes, chemisch definiertes, ziemlich weit abgebautes Derivat besonders geeignet zu sein. Dieses Präparat, das nukleinsaure Natrium, stellt ein weißes Pulver dar, das keine Biuretreaktion mehr gibt, und sich in Wasser sowie in physiologischer Kochsalzlösung zu einer klaren, leicht gelb verfärbten Flüssigkeit auflöst. Ein Kaninchen bekam intravenös in Zeitabständen von 5 Tagen je 0·2 g von dem nukleinsauren Natrium, 0·8 g Substanz im ganzen, eingespritzt. Schon die erste orientierende Versuchsreihe mit dem Serum des auf diese Weise behandelten Tieres ergab ein günstiges Resultat. Das Serum agglutinierte eine Aufschwemmung von Heringsspermatozoen ebenso deutlich, wie ein für Heringssperma spezifisches Serum, allerdings in schwächeren Konzentrationen. Eine nähere Prüfung dieses Ergebnisses war nicht mehr möglich, da die Versuche aus äußeren Gründen unterbrochen werden mußten. Bei der Wiederaufnahme der Arbeit war das nukleinsaure Natrium nicht mehr zu haben. Ich ging dann zu einem anderen Präparate über, das noch den Vorzug hatte, daß das Ausgangsmaterial, aus dem es hergestellt wird, für die betreffenden Versuchszwecke sich besser als das Heringssperma eignet. Das von den chemischen Werken Boehringer & Söhne in den Handel gebrachte Präparat Natrium nucleinicum wird aus Bierhefe hergestellt. Das weiße, sehr feine Pulver löst sich leicht zu einer klaren gelblichen Flüssigkeit, die weder die Biuretprobe noch die Millonsche Reaktion gibt. Ein Kaninchen bekam während 5 Wochen im gauzen etwa 2·6 g Natrium nucleinicum intravenös eingespritzt. Am neunten Tage nach der letzten Einspritzung wurde dem Tiere Blut entnommen, und das Serum auf seine agglutinierenden Eigenschaften geprüft. (Das Immunserum wollen wir fortan als Nn-Serum bezeichnen.) Da das Natrium nucleinicum aus verschiedenen Sorten Bierhefe hergestellt wird, so wurden aus mehreren Hefeproben Hefereinkulturen, im ganzen 7 verschiedene Stämme, gezüchtet und für den Agglutinationsverusch verwendet. Der Versuch gestaltete sich wie üblich: fallende Mengen Serum wurden mit je einer Öse einer 24 Stunden alten, auf Bierwürzeagar gezüchteten Hefekultur versetzt. Die Röhrchen mit den Aufschwemmungen kamen für 2 Stunden in den Brutschrank bei 37° und dann auf 24 Stunden auf Eis. Die nötigen Kontrollen mit normalem Kaninchenserum sowie mit Kochsalzlösung wurden bei jedem Versuch mitgeführt. Von der Wiedergabe der Versuchsprotokolle kann abgesehen werden, da die Resultate gleichmäßig ausgefallen sind. Das Serum agglutinierte in Verdünnungen bis 1 : 400 sämtliche 7 Kulturen positiv, allerdings nicht ganz vollständig, indem beim Aufschütteln die Ausflockung bestehen blieb, die Flüssigkeit jedoch

sich trübte und nicht so klar blieb, wie dies bei einer kompletten Agglutination sonst der Fall ist. In der Beeinflussung der einzelnen Kulturen war ein Unterschied nur insofern kaum wahrnehmbar, als die Reaktion vielleicht nicht gleichmäßig schnell und gleichmäßig intensiv verlief — ein Umstand, welcher der verschiedenen Agglutinabilität der einzelnen Stämme zugeschrieben werden kann. Die Titergrenze des Serums blieb bei allen Versuchen die gleiche.

Durch frühere Versuche[1] konnte ich zeigen, daß es möglich ist, gegen Hefezellen agglutinierende Sera zu erhalten, und daß es ferner möglich ist, mit Hilfe der Agglutination verschiedene Hefearten spezifisch zu differenzieren. Ob sich die 7 Stämme, die ich aus käuflichen Hefeproben isoliert hatte, und die in ihrem Verhalten dem Nn-Serum gegenüber keinen Unterschied zeigten, durch Sera, welche durch die Einspritzung von intakten Hefezellen erhalten werden, differenzieren ließen, konnte nicht geprüft werden, da ich solche spezifische Sera momentan nicht mehr hatte. Dagegen stand mir eine Reihe von Hefekulturen zu Gebote, deren Verhalten spezifisch agglutinierenden Seren gegenüber, sowie ihre Differenzierung auf diesem Wege, wie schon erwähnt, genau festgelegt wurde. Als solche Kulturen kamen Pastorianus I, Pastorianus III, Validus, Saaz, Turbidans obergärig, Turbidans untergärig in Betracht. Die Versuche mit diesen Hefearten fielen genau so aus, wie mit den verschiedenen Bierhefestämmen. Das mit dem Natrium nucleinicum erzeugte agglutinierende Serum agglutinierte ebenso gleichmäßig die einzelnen Kulturen, ohne ihre Differenzen zu kennzeichnen.

Diese einheitlich verlaufenden Versuche zeigen, daß die aus Hefezellen gewonnene Nukleinsubstanz antigene Eigenschaften besitzt, indem sie agglutinogen wirkt. Die agglutinogene Wirkung dieser Substanz ist jedoch verschieden von derjenigen der intakten Hefezellen. Das Natrium nucleinicum ruft die Bildung eines einheitlichen Agglutinins hervor: wie wir gesehen haben, agglutiniert das Nn-Serum die verschiedenen Hefearten gleichmäßig. Das Nukleinderivat der Hefezelle könnte man folglich im Gegensatz zu der intakten Zelle als den Träger der einheitlichen antigenen in diesem Falle der agglutinogenen Wirkung bezeichnen. Die intakte Zelle dagegen, die an und für sich eine komplizierte Plasmastruktur aufweist, die infolge äußerer Einflüsse und anderer Ursachen, die sich äußerlich nicht dokumentieren, eine Zustandsänderung erfahren kann, repräsentiert die spezifischen individuellen Eigenschaften der Art. Die agglutinogene Wir-

[1] St. Lichtenstein, *Dies Archiv.* 1914. Physiol. Abtlg.

kung des Natrium nucleinicum der Hefezellen ist einheitlich und spezifisch. Das entsprechende Immunserum wirkt nur auf Hefezellen, nicht aber auf Bakterien, wie Versuche mit Coli- und Typhusbazillen, mit Choleravibrionen, mit Vibrio Finkler und mit Spirillum volutans gezeigt haben.

Ob dem Natrium nucleinicum außer der agglutinogenen noch andere antigene Wirkungen zuzuschreiben sind, konnte ich noch nicht genau prüfen. Wie ein Versuch zeigen konnte, scheint diese Substanz eine präzipitinogene Eigenschaft allerdings nicht zu besitzen.

Metzger & Wittig, Leipzig.

Physiologische Abteilung. 1915. IV. und V. Heft.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM WALDEYER,

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

UND

DR. MAX RUBNER,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1915.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG.

VIERTES UND FÜNFTES HEFT.

MIT VIER FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1916.

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis und 30 ℳ Honorar für den Druckbogen zu 16 Seiten.

Beiträge für die anatomische Abteilung sind an

Professor Dr. **Wilhelm Waldeyer** oder an Professor Dr. **H. Virchow** oder an Dr. **P. Röthig**, sämtlich in Berlin N.W., Luisenstr. 56,

Beiträge für die physiologische Abteilung an

Professor Dr. **Max Rubner** in Berlin W., Kurfürstendamm 241 III

portofrei einzusenden. — Zeichnungen zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf vom Manuskript getrennten Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, unter Berücksichtigung der Formatverhältnisse des Archives, eine Zusammenstellung, die dem Lithographen als Vorlage für die Anordnung dienen kann, beizulegen.

Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Wurzelgewächse.

Von

Max Rubner.

Einleitung.

Das Hauptinteresse hinsichtlich der Verdaulichkeit und des Nährwertes hat sich bisher in der Literatur auf das Brotgetreide erstreckt, die meisten Untersuchungen hatten dieses zum Gegenstande. Es hat sich gezeigt, daß die experimentelle Prüfung dieser Fragen erweitert werden kann.

Die im vorstehenden gegebenen Mitteilungen über die Zellhüllen des Getreides haben erkennen lassen, daß ein Teil der Pentosen an die Zellmembran gebunden ist und ein Teil aber in dem Mehlkern der Körnerfrüchte enthalten ist. Dadurch entsteht als praktische Frage eine Unterscheidung zwischen leicht und schwer verdaulicher Pentose. Das Verhältnis der Zellmembranmasse zur Menge der leicht resorbierbaren Nährstoffe ist bei den Zerealien ein verschiedenes und durch die Verarbeitung der Rohmaterialien zur Handelsware sehr beeinflußt. Ich habe für die Beteiligung der Zellhüllen an der Zusammensetzung des Kotes im Hinblick auf die Zerealien einige Anhaltspunkte gegeben. So tritt uns der unverdauliche und schwer verdauliche Teil dieser Nahrungsmittel genauer entgegen und löst sich aus dem bisherigen Sammelwort „Rohfaser“ in wichtige neue Komponenten auf.

Die botanische Untersuchung lehrt, daß die Zellmembranen und Zellhüllen in verschiedener Weise gebildet werden, also einen verschiedenen Aufbau besitzen. Für Holz und Kleie hat sich zeigen lassen, daß die chemischen Unterschiede bemerkenswert sind.

Zwischen Zellulose und Pentosen in den Zellmembranen ist das Verhältnis verschieden, ohne daß man aber a priori daraus auf die Angreifbarkeit der Zellmembran durch die Verdauung einen Schluß ziehen könnte. Doch ist das vorliegende Material zu gering, um allgemeine Urteile zu ge-

statten, jedenfalls aber muß es erwünscht sein, erweiterte Kenntnis über den Gegenstand zu erhalten und die Natur der Zellmembranen des Näheren da kennen zu lernen, wo sie uns nicht so bequem zugänglich sind wie bei den Körnerfrüchten. Die Zellmembran stellt für sich eine Gruppe von Stoffen dar, welche aus dem sogenannten N-freien Extrakte, der ein Gemengsel recht verschieden zu bewertender Stoffe ist, einen Teil herauslöst und ihn einer direkten Untersuchung zugängig macht. Die Feststellung der Rohfaser kann vorläufig als ein Maßstab für den Zellmembrangehalt weder der Masse noch der Natur nach angesehen werden.

Es erscheint notwendig, auch die übrigen pflanzlichen Nahrungsmittel im Hinblick auf diese Beziehungen zu den Nährstoffen und der Zellmembran zu betrachten. Sehen wir uns unter den menschlichen Nahrungsmitteln um, so gibt es eine ganze Reihe, welche in der Art des Baues verschieden von den Getreidearten sind, deshalb eine besondere Besprechung erfordern, nach den allgemeinen Eigenschaften aber in gewisse Gruppen zusammengefaßt werden können. Hierzu gehören Blattgemüse, Wurzelgewächse und das Obst.

In der halbpopulären und populären Literatur werden diese Nahrungsmittel mit Vorliebe behandelt, über ihre Wirkungen auf die „Gesundheit" sind zahllose besondere Anschauungen verbreitet, das Tatsächliche aber, was uns über die elementaren Vorbedingungen zu einem begründeten Urteil über diese Nährmaterialien unterrichten könnte, ist im Grunde genommen, ziemlich dürftig.

Allen Nahrungsmitteln dieser Gruppe ist das gemeinsam, daß sie größtenteils aus Parenchym bestehen, welches mehr oder minder reichlich Saft in frischem Zustande einschließt, der manchmal, wie bei Salat, Spinat, Kohlarten, auch bei der rohen Kartoffel, bereits beim Zerkleinern ohne weiteres in reichlichen Mengen ausfließt oder wenigstens in großen Mengen beim Auspressen unter hohen Druck zu gewinnen ist.

Auf einige hierher gehörige Tatsachen habe ich schon vor längerer Zeit aufmerksam gemacht.[1] Eine Untersuchung der Preßsäfte bei 100 Atmosphären Druck, die ich in orientierenden Versuchen mit verschiedenem Material ausgeführt hatte, ergab, daß 1 kg zwischen 100 bis 240 g Saft zu liefern vermag. Dämpft man die Gemüse, so fließt bei Blumenkohl, Salat, Kohlrabi von selbst Saft aus, die meisten aber sehen nur saftiger aus. Preßt man sie in diesem Zustand, so erhält man aber 600 bis 800 g Saft pro Kilogramm Substanz. Offenbar bedingt also die Koagulation von

[1] Max Rubner, Die Bedeutung des Gemüses und Obstes in der Ernährung. *Hygienische Rundschau.* 1905. Nr. 16.

Eiweißstoffen auch die größere Ergiebigkeit des Auspressens. Diese Ergebnisse zwingen uns, die Menge des Preßsaftes auch vom Standpunkte der Ernährungslehre zu würdigen.

Das Nährende besteht, wie leicht ersichtlich, also aus zwei Teilen, dem flüssigen Zellinhalt und dem Rest. Im natürlichen Zustande ist das Nährende in den Zellen eingeschlossen und wird zunächst beim Zubereiten oder beim Genuß durch die Verletzung und Zerreißung der Zellen frei. Die mechanische Verarbeitung vor dem Verzehren ist sehr ungleich; bei der Kartoffel, die roh nicht aufgenommen wird, findet entweder die Zerkleinerung in der Küche statt oder die Kartoffel zerfällt schon beim Kauen zu Brei, die Mohrrüben werden zerkleinert und gekocht und dann weiter durch Kauen zermahlen. Salat meist nur durch Kauen für die Verdauung vorbereitet, Spinat dagegen in der Küche zu Brei verarbeitet, ohne Kauarbeit zu beanspruchen, verzehrt, die Schwarzwurzel roh zerkleinert und gekocht, die Äpfel zumeist roh genossen und dann nur durch den Kauakt vorbereitet.

Wie groß die Menge der leicht auslaugbaren Nährstoffe ist, hat bisher keine nähere Beachtung gefunden, obschon ihre Kenntnis zweifellos zur Beurteilung des Nährwertes selbst von einiger Bedeutung wäre. Freilich darf man von vornherein nicht erwarten, daß alle analytisch feststellbaren, leicht auslaugbaren Stoffe auch in der praktischen Ernährung vollwertig zur Geltung kommen, da die Zerkleinerung des Materiales ja nicht immer eine vollkommene ist.

Abgesehen von dem Safte bleibt bei jeder dieser Auspressungen mehr oder minder reichlich Unlösliches zurück, die Natur dieses Unlöslichen ist nur zum Teil bekannt. Bei Betrachtung der hierher gehörigen Nahrungsmittel vom chemischen Standpunkt fällt uns auf, daß ihr Gehalt an Rohfaser, nach den bisherigen analytischen Methoden betrachtet, relativ sehr groß ist, wenn man ihn auf die Trockensubstanz berechnet und daß andererseits die Mengen der N-freien Extrakte oft sehr gering bei großem Zellulosegehalt sein kann. Wenn man bedenkt, daß nach meinen bisherigen Versuchen der Gehalt der Zellmembranen an Rohfaser oft gar nicht sehr groß ist, jedenfalls nicht den quantitativ überwiegenden Teil darstellt, so führt diese Überlegung zu dem Resultate, manche der im Gebrauch befindlichen Gemüse dieser Art seien möglicherweise mehr Genußmittel als Nahrungsmittel, wodurch ihre Stellung in der Diätetik nicht streitig gemacht wird.

Jedenfalls besteht die Möglichkeit, durch Bestimmung der Zellmembranen eingehender die Gruppe der N-freien Extrakte zu prüfen und jene Teile, die bisher mangels geeigneter Methoden dabei mit in Anrechnung

kamen, zu kürzen und auf ihr richtiges Maß zurückzuführen. Zugleich aber entsteht wieder die neue Frage, welche Teile solcher Zellmembranen der Verdauung unterliegen und resorbiert werden können. Wenn schon, wie ich gezeigt habe, das Splintholz selbst angegriffen werden kann, so ist das auch von den Zellmembranen der Gemüse zu erwarten.

Die Zerkleinerung im Munde ist bei den genannten Nahrungsmitteln oft sehr unvollkommen, das läßt sich ohne weiteres bei der Untersuchung des Kotes erkennen. So finden sich bei Salatgenuß, bei anderen Blattgemüsen, bei Mohrrüben, auch bei Obst anscheinend völlig unveränderte Teile, die sich auch im gemischten Kot durch Dekantieren und Schlämmen mit Wasser sichtbar machen lassen. Niemals habe ich bei verdauten Blattgemüsen die Ausbildung bestimmter Lockerungen im Gewebe gefunden, die als Lösung einer Binde- und Kittsubstanz hätte aufgefaßt werden können, wobei sich also bestimmte Richtungslinien für die Zerreißung ausgebildet hätten. Gewiß aber werden so gut wie bei Birkenholz und wie bei der Kleie der Zerealien auch lösende Eingriffe im Darm wirksam werden.

Die unverdaulichen Reste scheinen aber bei manchen hierher gehörenden Nahrungsmitteln sehr erheblicher Natur zu sein, das ging schon aus den Verdauungsversuchen am Menschen hervor, die ich mit einigen Gemüsen durchgeführt habe.[1]

Man braucht die dort aufgeführten Zahlen nur anders zu gruppieren, um über die wesentlichsten Eigentümlichkeiten der Resorption der Vegetabilien ein klares Bild zu erhalten. Die Kotbildung besteht fast stets aus zwei Teilen, dem eigentlichen Stoffwechselanteil, der von den Besonderheiten der Inanspruchnahme der Verdauungsdrüsen und ihren Leistungen abhängig ist oder durch Reizung des Darmes entstanden ist und ferner aus den Resten des Nahrungsmittels. Der Stoffwechselanteil hängt von der Natur der Nahrungsstoffe ab, er ist an Menge verschieden, vielleicht auch in der Zusammensetzung verschieden, wenn man Fleisch gibt, oder wenn man Stärke und Zucker gibt, in beiden Fällen vollkommene Resorption vorausgesetzt. Der Stoffwechselanteil variiert nicht ganz mit der Menge der zugeführten Substanz, was begreiflich ist, da auch im Hungerzustand Kot gebildet wird, um so mehr wie ich beobachtet habe, je größer der Eiweißumsatz ist. Der unresorbierte Kotanteil hängt ganz von der Menge der Nahrungszufuhr ab, das habe ich durch die vor kurzem mitgeteilten Versuche mit Birkenholz nachgewiesen. Nach dieser kurzen Auseinandersetzung, die ich für notwendig halte, weil auf diese Besonder-

[1] *Biologie.* Bd. XV. S. 115.

heiten der Kotbildung in der Literatur keineswegs geachtet wird, will ich einige meiner früheren Ergebnisse über die Verdaulichkeit der Vegetabilien am Menschen hier anführen.

Ich hatte gefunden:

	Täglich aufgenommene Trockensubstanz g	Kot organisch g	N-Menge im Kot g
Kuchen aus feinster N-freier Stärke	601	23·1	1·33
Reis	552	23·6	2·13
Mais	641	41·3	2·27
Weizenbrot (feines Mehl)	439	21·0	1·95
Wirsing	406	59·2	2·40
Gelbe Rüben	352	71·1	2·02
Vollkornbrot-Weizen	617	67·5	3·80
Weißbrot, feines Mehl	615	22·4	2·17
Schwarzbrot	765	105·6	4·26

Von diesen Ergebnissen kann der Versuch mit feinstem Stärkemehl als Ausgangspunkt genommen werden, er stellt im wesentlichen eine Kotbildung dar, die als Stoffwechselrest zu betrachten ist, sowohl nach der Masse seiner organischen Stoffe, wie hinsichtlich der N-Ausscheidung. Sein Ergebnis zeigt, wenn man mit reiner Fleischnahrung vergleichen will, eine größere Darmtätigkeit bei der Resorption von Stärkemehl an. Die Stellung der übrigen Nahrungsmittel ist klar ausgeprägt.

Bei relativ kleiner Nahrungsaufnahme ist bei Gemüsen die Kotbildung erheblich, die N-Ausscheidung jedenfalls gesteigert, aber nicht in dem Maße, wie es durch die Hinzufügung der Kleie beim Brot geschieht und bei letzterem noch durch starke Gärung beim Schwarzbrot vermehrt werden kann.

Die Menge der organischen Substanz des Kotes ist bei allen Nahrungsmitteln, die nur minimale Quantitäten von Zellulose haben, also sehr gering, wenn auch reichlicher, als bei reiner Fleischfütterung. Reis, Weizenbrot können als die Typen der bestresorbierbaren Zerealien angesehen werden und zwar zeigt sich dabei die Menge des Kotes in weiten Grenzen von der Menge der Zufuhr unabhängig, im Mittel läßt sich sagen, es beträgt die tägliche Ausscheidung bei 439 bis 615 g täglich aufgenommener Trockensubstanz 22·3 g organischen Kot mit 2·08 g N pro Tag. Von dieser Grenze weichen

der Mais	mit 19·0 g	und	+ 0·19 g N
der Wirsing	,, 36·9 ,,	,,	+ 0·32 ,, ,,
die gelben Rüben	,, 48·8 ,,	,,	+ 0·44 ,, ,,
Vollkornweizenbrot	,, 45·2 ,,	,,	+ 1·72 ,, ,,
Schwarzbrot (Roggenbrot)	,, 83·3 ,,	,,	+ 2·18 ,, ,,

täglich ab.

Man könnte kaum eine Zusammenstellung wählen, die uns klarer die wesentlichen Unterschiede der Resorbierbarkeit dartut. An der letzteren wird auch nichts geändert, wenn selbst sehr reichlich Fettmengen (150 bis 200 g) täglich genossen werden. Fett stört nach meinen Beobachtungen in bestimmten Grenzen die Resorptionsverhältnisse der Kohlehydrate nicht wesentlich. Zwei wichtige Tatsachen lassen sich daraus folgern, daß offenbar die Zellmembranen und Zellhüllen in erster Linie als Nahrungsverluste wirken, und daß vor allem die Zellhüllen, welche man wegen ihres hohen N-Gehaltes schätzt, auch diejenigen sind, welche die größten N-Verluste erreichen.

Die Wirkung der Zellmembranen bei den Wurzel- und Blattgemüsen, das ist aus den Experimenten an Wirsing und Möhren zu sehen, läßt sich nicht verkennen. Die Kotbildung ist erheblich gesteigert. Dies wenige genügt, um auch vom praktischen Standpunkte eine nähere Aufklärung zu wünschen.

Die nachstehenden Betrachtungen werden zweifellos auch dazu führen, eine gerechte Preisbewertung der Gemüse durchzuführen, die bisher natürlich auf einem schwankenden Boden stand.

Die Hauptaufgabe der nachfolgenden Untersuchungen erstreckte sich einmal auf die Feststellung der Menge und Art der Zusammensetzung der Zellmembranen, dann aber auf die Trennung zwischen den Mengen der leicht aus den Zellen austretenden Saftanteile von dem fester zurückgehaltenen und deren Zusammensetzung. Dabei wurden namentlich die furfurolbildenden Substanzen, die im folgenden kurzweg als Pentosen oder Pentosane bezeichnet werden, einer näheren quantitativen Prüfung unterzogen.

Zur Methode der Ausführung mag folgendes bemerkt sein:

Die Zellmembranen aller untersuchten Nahrungsmittel zeigen sich als äußerst lockere, zarte, weiße Massen, die teilweise so leicht waren, daß sie vor dem Luftzug geschützt werden mußten. Ein einfaches Auswaschen der Niederschläge auf den Filter ist vielfach ausgeschlossen, vielmehr muß man sie meist für die Extraktion mit Alkohol und Äther vom Filter spülen und im Kolben längere Zeit behandeln. Dies gelingt aber nur, wenn man eine Analyse ohne Unterbrechung durchführt, die Substanzen

dürfen nie auf dem Filter trocken werden. Richtig behandelt und bei sorgfältiger Wahl der Filter entstehen nie Schwierigkeiten des Filtrierens und des Ablösens vom Filter. Getrocknet wird die vom Filter abgenommene Substanz in Wiegegläschen.

Die Beseitigung der in den Zellen eingeschlossenen Eiweißstoffe der Pflanzen verursacht in manchen Fällen ganz besondere Schwierigkeiten, in anderen läßt sich der N bis auf kleine unwesentliche Reste leicht entfernen. Ich war daher genötigt, ziemliche umfangreiche Versuche hierüber anzustellen, deren Ergebnis vielleicht sich noch verbessern läßt, aber immerhin ein Verfahren gezeitigt haben, das dem praktischen Ziele sehr nahe kommt.

Das Ausgangsmaterial war möglichst weitgehend zerkleinert, doch unterblieb die Anwendung der Kugelmühle, da dies auch bei der Ausführung der Versuche wegen der enormen Abgabe von Mineralbestandteilen in ihrer heutigen Herstellung doch ohne Zweck ist, wo es sich um eine Bestimmung unlöslicher Bestandteile handelt, mit denen sich das abgeriebene Porzellan u. dgl. vermengt und ,,Asche"anreicherungen von 50 und 60 Prozent der Trockensubstanz bedingt. Ich wählte für die Versuche eine möglichst proteinreiche Substanz. Das eiweißreichste Material war unter den untersuchten Nahrungsmitteln der Spinat, wie reich derselbe an Rohprotein ist, zeigt sich sofort, wenn man die Zusammensetzung der Trockensubstanz sich betrachtet, eine untersuchte Probe enthielt 5·60 Prozent N = 35·37 Prozent Protein; berechnet man auf aschefreie Substanz, so wäre das ein Gehalt von 45·84 Prozent Protein. Die Menge der Nichtproteinstickstoffe im Spinat ist nicht bedeutend. Die Auflösung der Eiweißstoffe geschieht in erster Linie durch Wasser oder durch Diastaselösung (zum Lösen der Stärke); zwischen beiden zeigt sich in der Wirkung, wie vorauszusehen war, kein Unterschied; das Wasser löst in allen Fällen bei pflanzlichen Nahrungsmitteln mehr oder weniger in der Siedehitze koagulables Eiweiß, wie man beim nachträglichen Erhitzen der wässerigen Auszüge an der Gewinnung des Eiweißes erkennen kann, daher zieht man zunächst mit lauwarmem Wasser und erst dann mit heißem Wasser aus. Von den eiweißverdauenden Fermenten wirkte das Pepsinpräparat weit weniger kräftiger als Pankreatin bei einem Sodagehalt von 1 bis 2 Prozent. Die zahlenmäßigen Belege zeigen kurz den Effekt.

Von 100 Teilen N des Spinates hinterbleiben

nach Behandeln mit Wasser	58·8
,, ,, ,, Diastase	61·3
,, der Pepsinverdauung	40·7
,, der Pankreasverdauung	19·6

Während in manchen Fällen durch Chloralhydratlösung Eiweißstoffe leicht in Lösung gehen, zeigte sich an diesem Objekte die Wirkung nur als unvollkommen, stets blieb ein Teil des Eiweißes ungelöst.

Freilich muß man es offen lassen, ob es sich in allen Fällen um an sich unlösliches Eiweiß oder nur darum gehandelt hat, daß ein Teil des Eiweißes, wie ich es zuerst für den Kleber nachgewiesen habe, in impermeablen Zellhüllen eingeschlossen war.

Von 100 Teilen des Spinates hinterbleiben:

	Ohne Chloralhydrat-extraktion	Nach Chloralhydrat-extraktion
Bei Spinat nach Diastasebehandlung	61·3	30·8
„ „ „ Pankreatinbehandlung	19·6	10·6
Nach Pepsin-Pankreatinbehandlung	6·5	6·5

Die Behandlung von Chloralhydrat ist von Wert und nimmt einen Teil der N-Verbindungen mit fort. Solange noch reichlich N vorhanden war, nahm Chloralhydratextraktion rund die Hälfte weg, als aber durch die der Pepsinbehandlung folgende Pankreatinbehandlung der N auf 6·5 Prozent des ursprünglichen Gehaltes gesunken war, löste auch Chloralhydrat nichts weiter auf.

Daraus läßt sich entnehmen, daß man das Protein wirklich bis auf einen kleinen Teil beseitigen kann, auch wenn es in so großen Mengen wie beim Spinat auftritt, aber doch nie ganz, so daß man doch genötigt ist, in den meisten Fällen noch eine N-Bestimmung auszuführen. Unter dieser Voraussetzung hat es dann auch wenig Wert, die auszuführenden Extraktionsmethoden noch um die Anwendung eiweißverdauender Substanzen zu vermehren.

Bei der Pankreatinbehandlung war bemerkbar, daß nicht nur der Eiweißgehalt, sondern auch der Gehalt an Zellmembran, wie es scheint, verringert wurde. Ich habe daher diese Verdauung mit Pankreas beiseite gelassen, auch jene mit Pepsin, da dieses an sich keine große Wirksamkeit entfaltet und mich darauf beschränkt, im allgemeinen mit Wasser, das mit Diastase versetzt war, zu verdauen und zu extrahieren, dann mit Alkohol und Äther zu behandeln und den nach Chloralhydratextraktion verbleibenden Rest, der wieder heiß mit Alkohol und Äther extrahiert wird, auf N zu untersuchen. Als Beispiele der Ergebnisse bei verschiedener Vorbehandlung gebe ich noch die Menge proteinfreien berechneten Rückstandes, der pro 100 g Spinattrockensubstanz gefunden wurde:

Mit Wasser ausgezogen	26·31
mit Diastase.	27·23

mit Pepsin verdaut	27·72
mit Pankreatin	23·44

In vielen auch sonst untersuchten Fällen nimmt Chloralhydrat noch einen Teil von Stoffen mit, die als Verunreinigung der Zellmembran angesehen werden können.

Pro 100 Teile Spinat ergab sich an proteinfreier Trockensubstanz:

	Ohne Chloralhydratbehandlung	Nach Chloralhydratbehandlung
bei Diastaseanwendung	27·23	25·92
„ Pankreatinanwendung	23·44	21·01

Die Unterschiede sind auch bei manchen anderen Nahrungsmitteln ähnlich, aber manchmal auch viel größer, z. B. bei Meerrettig, bei dem der einfache Wasserextrakt 32·81 Prozent asche- und proteinfreien Rückstand liefert, nach Chloralhydratbehandlung aber nur 28·46 Prozent beträgt.

Wurzelgewächse.

Die Kartoffel.[1]

Die Kartoffel als Nahrungsmittel zeichnet sich durch ihren hohen Wassergehalt aus, dieser kommt dem Konsumenten ebensowenig zum Bewußtsein wie der Wassergehalt des Brotes, denn im Zustande der Zubereitung nach dem Erhitzen macht die Kartoffel den Eindruck einer trockenen Speise. Der hohe Wassergehalt wird aber sofort beim Zerkleinern der rohen Kartoffel sichtbar, besonders beim Schaben, Zerwiegen usw., die Zellverbände werden zerrissen und der Saft tritt aus. Die Oberfläche der rohen Kartoffel färbt sich unter der Einwirkung der Oxydasen schnell braun, wie Äpfel- und Birnenschnitten braun werden und wie bei letzteren vernichtet die Einwirkung schwefliger Säure die Braunfärbung. Der mechanisch ausgepreßte Saft hat meist die Tendenz, sich wie die Schnittfläche der Kartoffel rasch zu bräunen und nimmt schließlich eine tiefbraune Farbe an bis Tintenschwarz. Doch habe ich ausnahmsweise auch beobachtet, daß der erste ausgepreßte Saft farblos bleiben kann, indes die späteren Portionen sich aber braun färben. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Vorgängen um die Einwirkung einer Reihe von Fermenten, die erst durch die Zerstörung der Zellen in Freiheit gesetzt wurden. Bei 100° werden sie zerstört. Alle Preßsäfte geben starke Diastasereaktion. 1 kg frischer Kartoffeln lieferte im Durchschnitt bei 300 Atmosphären 530 g Saft, der klar ist, aber bald dunkelt und schwarz wird.

[1] Ohne Schale.

Die durchschnittliche Zusammensetzung der Kartoffel wird für 100 Teile trocken zu 7·90 Rohprotein, 0·59 Fett, 83·16 N-freie Extrakte, 3·98 Zellulose, 4·34 Asche bei 24·3 Prozent Trockensubstanz und 75·7 Prozent Wasser angenommen.

Zu meinen Untersuchungen benutzte ich die im Frühjahr 1915 erhältlichen alten Kartoffeln, welche im Mittel 24·94 Prozent Trockensubstanz gaben. Ihr Gehalt der Trockensubstanz an Pentosen war 6·24 Prozent (wovon 45·2 Prozent Methylverbindungen). Von 100 Teilen N der Kartoffel gingen 67·99 Prozent in den Preßsaft über. Nach Schulze und Barbieri[1] sollen sogar bis 81·1 Prozent in dem Saft enthalten sein, die einzelnen Sorten verhalten sich vermutlich verschieden.

Von 100 Teilen Kartoffeln wurden, wie oben angegeben, 53 g Saft erhalten, welcher 1·64 g Trockensubstanz und 0·352 g Asche enthielt. Von 75·1 g Wasser der Kartoffel konnte also 51·4 g ausgepreßt werden, und 23·7 Teile blieben im Preßrückstand, der annähernd aus gleichen Teilen festen Stoffen und Wasser bestand. Diese Zahlenverhältnisse kann man fast als eine Regel ansehen, sie kehren auch bei tierischen Substanzen wieder.

Der Kartoffelsaft bleibt beim Erwärmen der Kartoffel nicht mehr frei, es findet vielmehr schon frühzeitig eine festere Bindung von Wasser statt, welche anfänglich dem Drucke wenig, mit steigender Temperatur aber starken Widerstand leistet. Von demselben Kartoffelvorrat habe ich aliquote Teile auf 50, 60, 70° längere Zeit erwärmt und dann unter Anwendung einer einfachen Spindelhandpresse ausgepreßt und an Saft gefunden:

Bei roher Kartoffel	50 g
erwärmt auf 50°	26 ,,
,, ,, 60°	24 ,,
,, ,, 70°	0 ,,

Die Wasserbindung an die Stärke war also schon bei 50° nachzuweisen. Anders werden die Resultate, wenn man unter Verwendung von Kieselgur bei 300 Atmosphären auspreßt. Es wurde dann für dieselbe Kartoffel und dieselbe Kartoffelmenge gefunden:

Roh	50 ccm	Preßsaft
bei 50°	49·6 ,,	,,
,, 60°	48·4 ,,	,,
,, 70°	38·0 ,,	,,

---

[1] Zit. bei König. Bd. II. S. 896.

Bis 60° ist also hier ein Auspressen des Wassers noch möglich, dann fällt die Menge des Preßsaftes. Die den Saft schwärzenden Oxydasen sind bei 70° noch nicht ganz zerstört, die Diastasereaktion wird schwächer.

Bei 70° waren in der ausgepreßten Kartoffel auf 100 Teile angewandter Substanz 0·121 g N geblieben und 0·068 g N waren in den Preßsaft übergegangen.

In einer anderen Reihe waren in 10 g Preßsaft (Versuch mit Spindelpresse)

bei Zimmertemperatur ausgepreßt . . . . 0·0235 g N
bei 50° . . . . 0·0250 ,, ,,
bei 70° . . . . 0·0182 ,, ,,

Unter Ausfällung koagulabler Eiweißstoffe nimmt also der N-Gehalt im letzten Falle ab. Dabei ist zu berücksichtigen, daß auch die Mengen des Preßsaftes sich ändern und mit steigernder Temperatur geringer werden.

Der Zellulosegehalt betrug nur 2·259 (organische Substanz, Pentosen wurden nicht bestimmt) für 100 Trockensubstanz bei 2·69 Prozent Asche der letzteren.

Im Preßsaft der rohen Kartoffel wurden Trockensubstanz, Asche und Pentosen bestimmt.

Die Wirkung des Auspressens ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

	Pro 100 g frisch			
	Trockensubstanz	Asche	Organ. Substanz	Pentosen
Die ursprüngliche frische Substanz enthält	24·92	1·082	23·84	1·555
Der Preßsaft enthält	1·64	0·352	1·29	0·078
Im Preßsaft sind Prozent der ursprünglichen Substanz	6·58	32·53	5·41	5·01

Der Preßsaft enthält den größten Teil des N der Kartoffel, wie schon erwähnt wurde und nach Vorstehendem einen großen Teil der Asche, während der sonstige Verlust an Trockensubstanz, wie man sieht, nicht erheblich ist. Gering ist auch die Menge der Pentosen im Preßsaft.

Die Kartoffel scheidet nach diesen Ergebnissen und im Hinblick auf die Wirkung der Erwärmung von den pflanzlichen Nahrungsmitteln aus, bei denen dem Preßsaft oder Zellsaft eine die Verdauung erleichternde

Eigenschaft zugeschoben werden könnte. Wenn man freilich über die Art oder das Bestehen einer lockeren Bindung von N-Substanzen oder der Salze beim Quellen der Stärke nichts aussagen kann, so wird doch auch im bejahenden Falle diesem Umstande wenig Bedeutung zugeschrieben werden können. Jedenfalls bleibt ein Teil der Extraktivstoffe oder Salze auch in der auf 100° erhitzten Kartoffel frei für den Speichel zugänglich, wie sich aus dem Geschmacke der garen Kartoffel ohne weiteres folgern läßt.

Die in der Kartoffel enthaltenen Pentosen können zunächst ihre Herkunft nach auf den Gummigehalt der ersteren zurückgeführt werden; es sollen[1] Dextrin und Gummi zusammen 0·64 Prozent der frischen Kartoffel ausmachen = rund 2·56 Prozent der Trockensubstanz. Daneben muß also mindestens noch eine weitere Quelle der Pentosen vorhanden sein. Nach den bisherigen Erfahrungen werden die Zellmembranen und Gefäße des Parenchyms ins Auge gefaßt werden können. Der Zellulosegehalt der entschälten Kartoffel ist gering, wenn man ihn etwa mit dem Vollkornmehl vergleicht (etwa 4·26 Prozent Zellulose), aber doch wieder erheblich im Vergleich zu den feinen Weizenmehlsorten, die unter teilweiser Abtrennung der Kleie entstehen.

Der Gehalt an Zellmembranen ist natürlich um ein Mehrfaches größer als der Zellulosegehalt. Da die Angabe sich in der Literatur findet, die Kartoffelzellwände würden durch die Diastase der Kartoffel angegriffen, so schien mir die Darstellung der Zellmembranen nicht sehr aussichtsreich.

Es mag aber das Resultat eines solchen Versuches angeführt werden. Die Stärke wurde mit käuflicher Malzdiastase aufgelöst, was aber nicht völlig gelang, obschon zweimal abfiltriert, wieder aufgeschwemmt und mit weiterer Diastase verdaut wurde; Chloralhydrat löste aber die Reste der Stärke auf. Die Menge der organischen Zellmembranen betrug 5·59 Prozent der Trockensubstanz, wovon 5·55 Prozent Pentosane = 0·31 g.

Die Zusammensetzung der Zellmembranen des Parenchyms berechnet sich danach annähernd für 100 Teile organische Substanz zu

40·72	Prozent	Zellulose,
5·55	,,	Pentosane,
53·73	,,	Rest.

Der Zellulosereichtum dieser Membranen ist also bedeutend, dagegen der Pentosangehalt gering. Bei der geringen Menge von Zellmembran und deren geringen Pentosengehalt trifft auf sie nur ein kleiner Teil der

[1] König. Bd. II. S. 897.

Gesamtpentosen. Die Verteilung der Pentose ist folgende: Von 100 Gesamtpentosen sind

in den Zellmembranen	20·0	Prozent
im Zellsaft	5·01	,,
im Rest	74·99	,,

Was die Ausnutzbarkeit der Kartoffel anlangt, so habe ich zuerst bewiesen, daß Mengen, welche zur Ernährung eines kräftigen Arbeiters hinreichen, nicht günstig ausgenutzt werden, obschon gleiche Mengen Weißbrot aus Weizen gut ertragen werden[1], für kleine Kartoffelmengen (2000 bis 2500 Kal. pro Tag) liegen die Verhältnisse günstiger, wie sich aus Versuchen von Konstantinidi[2] und weiteren eigenen Versuchen gezeigt hat.[3] Die Ausnützung entspricht etwa dem kleiearmen Weißbrot und ist mit Bezug auf die N-Substanz sogar günstiger. Die Zellmembranen der Kartoffel sind an Masse viel geringer wie die des Vollkornbrotes. Kaum halb so viel und offenbar viel zarter und zerreißbarer. Daher fehlt auch der Einfluß auf eine Hemmung der Eiweiß- und der Stärkeresorption.

Ein Vergleich der Zellmembranen des Brotgetreides mit der Kartoffel zeigt folgende Verhältnisse. In 100 Teilen Zellmembranen sind:

	Brotgetreide	Kartoffel
Zellulose	29·47	40·72
Pentosane	40·48	5·55
Rest	30·05	53·70

Kartoffelschalen.

Die Kartoffelschalen scheiden bei einer Betrachtung der Rolle dieser für die menschliche Ernährung aus. Sie könnten also auch hier außer Betrachtung bleiben, doch dienen sie als Tierfutter. Außerdem aber schienen sie mir von einigem Interesse im Vergleich zu anderen Häuten bei Früchten usw. Auch bei dem Kochakt wird man auf ihre besonderen Eigenschaften aufmerksam gemacht.

Die Kartoffel ist eben nach außen durch ihre Epidermis geschützt, die offenbar dem Eindringen fremder Substanzen einen guten Widerstand entgegensetzt. Manchmal hält sich die Schale tadellos glatt, in sehr vielen Fällen bemerkt man borkige Stellen, manchmal sogar von sehr erheblicher Ausdehnung. Es ist die an den Oberhautzellen nicht seltene Verkorkung eingetreten. Mit Rücksicht auf dieses pathologische

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XV. S. 146.
[2] *Ebenda.* Bd. XXIII. S. 453.
[3] *Archiv für Hygiene.* Bd. XLII. S. 274.

und mehr zufällige Moment wird man von einer einheitlichen Zusammensetzung der Schalen vielleicht nicht reden können, da ja der Gehalt an Korksubstanz, Suberin, mehr oder minder in den Vordergrund treten kann. Unverletzte Kartoffeln ändern weder beim Kochen noch beim Dämpfen ihr Gewicht, das Stärkemehl verfällt nicht der allgemeinen Verkleisterung, sondern beschränkt sich darauf, daß es das in der Kartoffel enthaltene Wasser bindet, seine Festigkeit bewahrt, aber doch leicht verdaulich wird.

Die Parenchymzellen im natürlichen Zustande, die Stärkekörnchen in ihrer charakteristischen Form enthaltend, sind nach dem Erhitzen auf 100° gleichmäßig von der gequollenen Stärke erfüllt. Diese eigene Wassermenge reicht zu einer eigentlichen Kleisterbildung nicht aus, sondern erreicht nur eine Veränderung, die die mehlige Beschaffenheit der Kartoffel empfinden läßt. Die Grade der mehligen Veränderung sind sehr verschieden, manchmal nimmt die Kartoffel beim Erhitzen nur eine seifige, harte Beschaffenheit an. Man hat den Eindruck, als seien solche Exemplare weniger gut verdaulich als andere, jedenfalls können sie Beschwerden hervorrufen. Die Schale bietet auch dem Eindringen von Salzen einen erheblichen Widerstand, während bei der entschälten Kartoffel der osmotische Austausch zwischen Salzlösungen und dem Zellinhalt schnell erfolgt. Von den zahlreichen, hierüber angestellten Versuchen, mögen hier einige Ergebnisse erwähnt sein, die ich beim Einlegen der Kartoffel in Kochsalz erhalten habe.

In Kochsalz eingelegt, verliert die Kartoffel mit Schale nur wenig an Gewicht, während die geschälte stark abnimmt unter reichlicher Aufnahme von Kochsalz. In 2 Tagen erhält man aus geschälter Kartoffel einen Preßsaft von 14 Prozent ClNa. Kochsalzlösung, welche über geschälten Kartoffeln steht, färbt sich durch osmotisches Austreten des Saftes rasch braun, während die Kartoffel selbst farblos bleibt. Das aufgenommene Kochsalz diffundiert durch die geschälten Kartoffeln leicht nach außen gegen Wasser. Aus der im Kochsalz aufbewahrten Kartoffel geht beim Kochen fast nichts nach außen. In zwei Tagen hatten die unversehrten Kartoffeln einen Gehalt von 1·27 Prozent Kochsalz, der fast ganz in den Preßsaft übergeht. In 4 Wochen erreichten Kartoffeln mit Schale 1·65 Prozent Kochsalz, geschälte 7 bis 14 Prozent. An N verlor die unversehrte Kartoffel 5·7 Prozent, die geschälte 38·3 Prozent. Verschiedentlich beobachtete Unterschiede im Kochsalzgehalt ungeschälter Kartoffeln beruhen wahrscheinlich auf Verletzungen der Schale.

Die Schalen wurden durch Erhitzen nicht nennenswert durchgängiger für Salz, wohl aber durch vorheriges Einlegen in Äther, nicht durch Einlegen in Alkohol.

Zu den Versuchen wurden Schalen der Eßkartoffel gesammelt, welche, von gekochten Kartoffeln abgezogen, unter Beseitigung anhaftender eßbarer Teile oder der „Augen“ abgezogen waren. Glatt waren nicht alle Teile, aber stark verborkte Stellen waren doch beseitigt. Die anhaftende stärkehaltige Masse wurde erst durch Aufschwemmen und Kneten im warmen Wasser mit der Hand entfernt, dann zweimal mit Diastase bei 45° verdaut und jedesmal mechanisch mit der Hand das Material gerieben, dann die blätterige Masse einzeln herausgenommen, unter Beobachtung noch anhaftender fremder borkiger Reste ausgesucht und mit warmem Wasser gewaschen, an der Luft dann bei 100° getrocknet und zu einem Mehl zerrieben. Die hinterbliebene Menge brauchbaren Materiales war schließlich nicht allzu groß. Die reine Schalenmasse macht auch im Vergleich zu dem Parenchym der Kartoffel selbst einen sehr geringen Bruchteil an Gewicht aus. Die großen Nährwertverluste beim Schälen entstehen ja durch die anhaftenden eßbaren Teile.

Die Schale der Kartoffel zeigt eine von der Weizen- und Roggenkleie ganz verschiedene Zusammensetzung, bei letzteren war der enorme Pentosengehalt das Bemerkenswerteste; die Kartoffelhaut ist dagegen relativ arm an Pentosen = 8·92 Prozent der Trockensubstanz (davon 7·5 g Methylpentosen) bei einem Aschegehalt von 7·65 Prozent. Schon daraus folgt, daß die Zellmembranen der schaligen Teile nicht allgemein als eine wesentliche Pentosenquelle anzusehen sind.

Was den Gehalt an Zellulose anbelangt, so war derselbe recht hoch = 49·12 Prozent organischer Zellulose pro 100 g Trockensubstanz, wobei aber noch 1·12 g Pentosane in Abzug kommen.

Somit ist die Gesamtzusammensetzung für 100 Teile Trockensubstanz

7·65 Prozent Asche,
8·92 „ Pentosen = 7·88 Pentosane,
48·00 Zellulose, asche- und pentosanfrei.

Die Zellulose war lichtbraun, nicht völlig weiß.

In 100 Teilen aschefreier Kartoffelschalen sind

51·87 Reinzellulose,
8·55 Pentosane,
39·58 Rest.

Gegenüber den Hüllen des Brotgetreides liegt der Unterschied in dem Reichtum an Zellulose und der Armut an Pentosen. In dem Rest kann aber auch noch Korksubstanz enthalten sein. Über das Verhalten der letzteren zu den bei der Darstellung der Zellulose angewandten Reagentien habe ich Angaben nicht finden können.

Die Korksubstanz.

Die Untersuchungsergebnisse der Kartoffelschalen lassen eine gewisse Unsicherheit offen, jedenfalls kann den sonstigen Bestandteilen der Zellmembranen hier auch die Korksubstanz mit beigemengt sein, obschon ich rein mechanisch die stark veränderten Häute ausgelesen und beseitigt habe. In welcher Weise aber die analytischen Ergebnisse durch die Korksubstanz bei der angewandten Methode beeinflußt werden können, habe ich durch einige Experimente, welche die wesentlichsten Punkte, die im Zusammenhang mit der Durchführung meiner Analysen standen, aufzuklären versucht. Das Ausgangsmaterial war guter Handelskork der besseren Sorte von Pfropfen, die ich mit der Feile zerkleinern ließ.

Die Verkorkung trifft hauptsächlich die äußeren Membranen von Pflanzen, die sie dadurch für Wasser und gelöste Substanzen undurchgängig macht. Sie kommt aber auch für die inneren Teile in Betracht, mit der gleichen biologischen Aufgabe, Gefäße u. dgl. gegen die Umgebung zu isolieren und abzuschließen. Der Kork des Handels ist ein Gemenge verschiedener Körper, unter denen die Korksubstanz die Hauptmasse ausmacht. Die Entstehung der Korksubstanz ist nicht ganz aufgeklärt, die Meinungen noch umstritten. Geza Zemplen[1] gibt an, die Korksubstanz liefere bei den üblichen Methoden der Zellulosedarstellung (worunter die Rohfaserbestimmung gemeint ist) ein Produkt, das im Äußeren und in der Löslichkeit an Zellulose erinnere, aber doch bestimmte Unterschiede zeige. Der fein geraspelte Kork wurde mit Alkohol extrahiert, wobei unter Braunfärbung eine Reihe Substanzen entfernt wurden, dann mit Azeton und schließlich mit Äther behandelt. Freilich bleibt es unsicher, ob alle diese Extraktionsmittel auch bei langer Anwendung die oft sehr dichten Zellen der Korksubstanz genügend durchdringen. Manche Teilchen verlieren z. B. die Schwimmfähigkeit nur sehr langsam. Als allgemeine Zusammensetzung wird für die Handelsware 70 bis 80 Prozent Suberin, außerdem Zellulose, Gerbsäure, Phlobaphen, Phlorogluzin, Vanillin, Korkwachs, Cerin usw. angegeben. Der Aschegehalt soll gering sein. Einen erheblichen Teil dieser Stoffe dürfte die oben beschriebene Extraktion mit kochendem Alkohol, Azeton und Äther beseitigt haben, der Aschegehalt betrug dann nur mehr 0·88 Prozent der Trockensubstanz.

Die Zellulosedarstellung litt etwas unter dem Aufsteigen kleiner Teilchen der Korke, durch den Luftgehalt der Korkzellen, so daß ausgiebiges Schütteln beim Behandeln mit chlorsaurem Kali unbedingt nötig ist. Auch das Auswaschen gelingt nicht leicht, ich habe die Substanz nach der Be-

---

[1] *Chemisches Zentralblatt.* 1913. 2. I. S. 445.

handlung mit Chlorat zuerst auf den Filter ausgewaschen, dann in den Kolben zurückgebracht und mit kochendem Wasser geschüttelt; bei der Behandlung mit NH_3 tritt eine tiefbraune Färbung ein.

100 Teile bei 100° getrockneten Korks lieferten 62·66 Teile organischer „Zellulose", d. h. Substanz, welche bei der Darstellung der Zellulose mit chlorsaurem Kali sich der übrigen Zellulose beimengt, die „Zellulose" enthielt noch 2·34 Prozent Pentosan abzüglich dieses = 61·31 Prozent asche- und pentosanfreie „Zellulose". Die Gesamtpentosen des Korkes betrugen 7·02 Prozent der Trockensubstanz, ihre Menge ist also nicht unerheblich.

In der Zellulose steckt ein verschwindend kleiner Bruchteil der Pentosen, nur 1·35 g für 100 Teile Kork gerechnet, der fehlende Teil wird gelöst und zerstört.

Die Pentosane werden also durch chlorsaures Kali und Salzsäure aufs stärkste angegriffen. Was aber als Zellulose bei Kork hinterbleibt, ist sicherlich nur zum Teil als solche zu bezeichnen, das ergibt sich aus folgendem. Nach meinen Beobachtungen eignet sich ein Gemisch aus 3 Volum Eisessig, dem so viel konzentrierte Schwefelsäure zugesetzt wird, daß vier Raumteile Flüssigkeit erhalten werden, zu einer Reihe von Untersuchungen. Filtrierpapier wird in 24 Stunden in der Kälte zu einem gelatinösen Brei gelöst, aus dem man die Zellulose beim Verdünnen mit Wasser wieder ausfallen lassen kann; die Flüssigkeit gab eine äußerst schwache Trommersche Probe. Genau ebenso verhält sich die nach der Hoffmeisterschen Methode hergestellte Birkenholzzellulose, auch dabei findet eine sicher nachzuweisende Spaltung nicht statt. Versetzt man aber gewöhnliches Birkenholz, Tannenholz, Kork oder anderes ungereinigtes Material, auch die nach dem Weender-Verfahren hergestellten Rohfaser mit dem Reagens, so schwärzen sich diese Materialien aufs intensivste und werden zum Teil breiig. Kork behält aber seine krümelige Beschaffenheit.

Verwendet man aber die nach Hoffmeister aus Kork hergestellte Zellulose zu diesem Versuch, so wird sie breiig und weich, enthält aber immer noch einzelne Krümelchen. Mit Wasser angerührt, entsteht zunächst etwas suspendiertes farbloses Material, das ebenso aussieht wie die aus reinen Zellulosen hergestellten, flockigen Fällungen; am Boden des Gefäßes bleibt aber ein schwarzes Pulver, das sich leicht auswaschen läßt, weil es nach dem Aufschlämmen sich rasch setzt, das ist offenbar ein Rest der Korksubstanz, der mit der „Zellulose" nichts zu schaffen hat.

Korksubstanz wird in Kalilösung leicht angegriffen, verdünntes Ammoniak dagegen ist ziemlich unwirksam. Wenn also die Zellulosebestimmung nach Hoffmeister ausgeführt wird und Korksubstanz vorhanden ist, muß man mit der Möglichkeit eines zu hohen Ergebnisses für Zellulose rechnen.

Das Verhalten der Korksubstanz zu Alkalien verdient noch eine besondere Erwähnung, in 5 Prozent Kali gibt Kork eine tiefbraune Lösung, welche aber leicht filtrierbar ist. Unlöslich blieben 55·79 Prozent organische Substanz auf 100 Teile Trockensubstanz des angewandten Materiales gerechnet, allerdings ist aber zu berücksichtigen, daß der Kork sich mit meinen Hilfsmitteln zu einem feinen Mehl nicht verarbeiten ließ. Das Merkwürdigste dabei ist der Umstand, daß die Pentosen vollkommen in dem kaliunlöslichen Teil zurückbleiben, während ich z. B. bei Birkenholz zeigen konnte, daß der Kaliextrakt zu $^7/_{10}$ aus Pentosen besteht, auch bei Kleie ist es ähnlich.

Auch die „Zellulose“ aus Kork ist kalilöslich, prozentig sogar viel stärker löslich als der ursprüngliche Kork. 65·72 Prozent der „Zellulose“ gingen in Lösung. Das zeigt, daß mindestens $^2/_3$ nicht reine Zellulose sind, die gelöste Substanz enthält hier fast ebensoviel Pentosan wie die „Zellulose“ selbst. Es ist mir wahrscheinlich, daß der in Kali lösliche Anteil der Zellulose größtenteils mit jener Korksubstanz identisch ist, die bei dem Behandeln der Zellulose mit Essigsäure-Schwefelsäuregemisch als braune Substanz sich abscheidet.

Dies wird dadurch bestätigt, daß diese braune Substanz sich fast ohne Rückstand in 5 Prozent Kalilösung auflöst und daß durch das mehrfache Volum Alkohol nur Spuren brauner Flocken ausfallen, während die Hauptmasse als braune Substanz in Alkohol gelöst bleibt. Hat man nicht verkorkte Zellmembranen anderer Art, so geben diese stets eine weißliche Fällung ohne Färbung des Alkohols.

Aus obigen Versuchen ergibt sich also in bezug auf die Rückwirkung, welche die Korksubstanz auf die Durchführung der Analysen äußern wird, daß dort, wo Korkzellen reichlich vorkommen, die Menge der „Zellulose“ vermehrt wird, allerdings unter solchen Veränderungen der Eigenschaften, daß die fremde Beimengung wohl erkennbar sein wird. Für meine weiteren Untersuchungen wird die Korksubstanz kaum Einfluß auf die Resultate haben, da stark verkorkte Hüllen und Außenwände der Pflanzen nicht in Betracht kommen. Gut verkorkte Substanzen scheinen im Darme überhaupt nicht angegriffen zu werden, wenigstens hat man bei der zu Abgrenzungszwecken des Kotes benutzte Verwendung des Korkes stets Gelegenheit zu sehen, daß die Korkstückchen — anscheinend — unverändert an Zahl und Größe im Kote wieder erscheinen.[1]

---

[1] Die Korksubstanz hat eine sehr beträchtliche Verbrennungswärme: 1 g = 6·793 kg-cal.

Die gelben Rüben (Möhren).

Die Rübensorten nehmen unter den hierher gehörigen Nahrungsmitteln eine ganz hervorragende Bedeutung wenigstens nach der quantitativen Richtung hin ein. Es konnte sehr fraglich erscheinen, was hier zuerst zu prüfen wäre. Da ich aber früher Ausnutzungsversuche mit den kleinen Speisemöhren gemacht hatte, wodurch ihre Bedeutung als Nahrungsmittel wenigstens näher bekannt ist, so habe ich sie als Typ für die vielen anderen Rübensorten herangezogen. Das Material habe ich genau so vorbereitet, als wenn es in der Küche verwendet werden sollte.

Nach dem Mittel der üblichen Analysen enthalten gelbe Rüben in der Trockensubstanz 7·94 Rohprotein, 0·59 Prozent Fett, 83·16 Prozent N-freie Extrakte, 8·78 Prozent Zellulose, 4·34 Prozent Asche. Das von mir verwendete Material hatte bei 10·77 Prozent Trockensubstanz 4·57 Prozent Asche der Trockensubstanz, eine andere Sorte nur 3·51 Prozent Asche. Die N-freien Extrakte bestehen bei den Möhren wesentlich aus dem sehr reichlichen Zuckergehalt. Die Rüben gehören im allgemeinen zu den Nahrungsmitteln mit erheblichem Zellulosegehalt. Nimmt man den Gehalt der Zerealien zu 2 Prozent Rohfaser an, so haben wir hier über das 4 fache von letzterer. Der Pentosengehalt betrug 8·65 Prozent der Trockensubstanz (10·1 Prozent waren Methylpentosen).

Die gelben Rüben können unter den anderen, der gleichen Gruppe angehörigen Wurzelgewächsen aber doch als Typ eines nicht sehr zellulosereichen Materiales angesehen werden.

Nach meinen Untersuchungen mehrerer Proben war der Gehalt an aschefreier Zellulose 11·65 Prozent der Trockensubstanz, nach Abzug der Pentosane 11·2 Prozent. Die Menge der Zellmembranen läßt also eine sehr erhebliche Größe erwarten.

Bei der Bestimmung der Zellhüllen durch aufeinanderfolgende Extraktion mit Wasser und Alkohol, Äther und Azeton und heißem Chloralhydrat, war besonders bemerkenswert die starke Löslichkeit des Farbstoffs in Azeton. Das Chloralhydrat hatte fast nichts mehr zu lösen, da die Substanz schon vorher durch die Extraktionsmittel erschöpft schien.

Im ganzen waren **26·38 Prozent** der Trockensubstanz asche- und proteinfreie Zellhüllen vorhanden, diese enthielten 6·60g Pentosen = 5·85 Pentosane.

100 Teile trockener Mohrrüben enthalten also:

11·2 Reinzellulose,
4·57 Asche,
8·65 Pentosen im ganzen,

26·4 asche- und proteinfreie Zellmembranen mit
6·63 g Pentosen = 5·85 Pentosane,
1·23 Prozent N = 7·69 Protein,
0·60 Fett.

Da an Stelle der Zellulose nunmehr die Zellmembranen in die Analyse eintreten, so wird dementsprechend der Wert in üblicher Weise berechneter N-freien Extrakte eine Reduktion erfahren.

Die Natur der Zellmembran ist bei den Möhren sehr verschieden, z. B. von jener der Hüllen des Brotgetreides, wie folgender Vergleich zeigt.

In 100 Teilen organischer Zellmembran ist enthalten:

	Bei der gelben Rübe	Im Brotgetreide
Zellulose	42·42	29·47
Pentosan	22·31	40·48
Rest	35·27	30·05

Die Ungleichheit der Zusammensetzung betrifft hauptsächlich den Pentosengehalt, der bei den gelben Rüben geringer und die Zellulose, deren Menge bei den Möhren bedeutender ist.

An dem Birkenholz habe ich gezeigt, daß die Pentosen etwas leichter im Darm aufgenommen werden wie die Zellulose, doch ist der Unterschied wohl mehr darauf zurückzuführen, daß wir für die Pentosane offenbar Fermente im Darm zu ihrer Hydrolyse besitzen, während andere Produkte wie die Zellulose dem wandelbaren bakteriellen Angriff unterworfen werden müssen. Den Pentosanreichtum sieht man als Zeichen fortschreitender Verholzung an, die Pentosanarmut der Möhre würde uns also der Ausdruck der geringen Verholzung sein.

Ich habe aber erst noch weiter zu entscheiden, wie die Pentosen und Pentosane überhaupt sich in der Möhre verteilen.

Die gelben Rüben lassen sich leicht auspressen und gaben pro Kilogramm 669 g Preßsaft bei 300 Atmosphären Druck.

Das Verhältnis zwischen der normalen Zusammensetzung und dem Preßsaft ergibt sich aus folgendem.

In 100 Teilen frischer Substanz waren:

	Trockensubstanz	Asche	Organisch	Pentosen
Gelbe Rüben normal	10·77	0·312	10·46	0·922
Zellmembran organisch	—	—	2·84	—
Substanz abzüglich Zellmembran	—	—	7·62	—
Preßsaft	3·73	0·121	3·61	0·107
Gesamtmasse zu Zellsaft	25·93 %	38·8	34·5	11·6
Organisches, ausschließlich Zellmembran zu Zellsaft	—	—	47·4 %	—

Bei dem großen Reichtum an Zucker geht ein großer Teil der organischen Substanz in den Preßsaft über. 46·5 Prozent der Trockensubstanz werden im Durchschnitt als Zucker angegeben, so reich scheinen die vorliegenden Möhren nicht gewesen zu sein, doch mag ein Teil des Zuckers vielleicht nicht auspreßbar sein. Wenn man die Zellmembran als schwer verdaulich bezeichnen will und sie von der Gesamtmenge der organischen Substanz abzieht, so gehen 47 Prozent der leichter verdaulichen Stoffe in den Preßsaft über. Die Menge der in den Preßsaft übergehenden Pentosen ist gering, das erklärt sich durch folgende Zusammenstellung:

Verteilung der Pentosen in 100 Teile Trockensubstanz:

Im ganzen vorhanden	—	8·65	—
In den Zellmembranen	6·63	—	= 76·65 %
Im Saft	1·00	7·63	11·60 %
Anderweitige Pentosen, nicht auspreßbar	—	1·87	12·85 %

Die Hauptmasse der Pentosen ist in den Zellmembranen enthalten, aber immerhin noch $^1/_4$ etwa in anderen Substanzen des Parenchyms.

Meerrettig.

Die kleinen Speisemöhren, wie sie im vorhergegangenen untersucht wurden, können unter den Wurzelgewächsen als Typ der zellulosearmen Substanzen angesehen werden. Ähnlich werden sich die roten Rüben, Teltower Rübchen, Radieschen oder auch die Kohlraben und Sellerie verhalten. Meerrettig und Schwarzwurzel dagegen können als die zellulosereichsten dieser Klasse (auf frische Substanz berechnet) betrachtet werden. Ich habe daher die ersteren in analoger Weise wie die Möhren untersucht.

Nach König, Bd. II S. 917 — allerdings sind nur zwei Analysen aufgeführt — enthält der Meerrettig in 100 Teilen Trockensubstanz:

11·60 N-Substanz,
1·50 Fett,
68·25 N-freie Extrakte,
11·93 Rohfaser,
6·58 Asche.

In der Trockensubstanz tritt also das Überwiegen der Zellulose nicht so in den Vordergrund, wie in dem Gehalt der frischen Substanz, da der Wassergehalt bei den einzelnen Wurzelgewächsen doch ziemlich verschieden ist.

Das Material wurde auf dem Reibeisen zerkleinert, der mittlere Trockengehalt war 26·36 Prozent bei 1·9 Prozent der frischen Substanz und 7·20 Prozent der Trockensubstanz.

Der Pentosengehalt beträgt 10·49 Prozent der Trockensubstanz. Die Zellulose stellte eine ungemeine lockere farblose Substanz dar, der in NH_3 lösliche Anteil schien sehr erheblich, die asche- und pentosehaltige Zellulose macht 14·67 Prozent der Trockensubstanz aus. Der Aschegehalt betrug 3·4 Prozent der Trockensubstanz, der Pentosengehalt 13·63 Prozent, so daß also die Reinzellulose 11·80 Prozent der Trockensubstanz ausmachte.

Bei der Darstellung der Zellmembran nahm der Wasserauszug eine blaugraue Farbe an, die sich aber dann verlor. Das Endprodukt stellt eine schön weiße flockige Masse wie Federn dar. 100 g Trockensubstanz Meerrettig lieferte 26·37 Prozent trockene Zellhüllen, in denen 7·31 g Pentosen enthalten waren.

In 100 Teilen trockenem Meerrettig waren also:

11·80 Reinzellulose,
7·20 Asche,
92·80 Organisches,
10·49 Pentosen,
26·37 organische Zellmembranen mit 7·31 Pentosen = 6·58 g Pentosane,
1·81 Prozent N = 11·31 Prozent Protein,
0·51 Prozent Ätherextrakt.

Die Zusammensetzung der Zellmembranen im engeren Sinne war für 100 Teile:

	Meerrettig	Mohrrüben
Zellulose	44·74	42·42
Pentosane	24·57	22·31
Rest	30·69	35·27

Die Zellmembran stimmt also sehr nahe mit jener der Möhre überein und unterscheidet sich von jenen des Brotgetreides nach denselben Richtungen wie letztere.

Die Verteilung der einzelnen Bestandteile auf Muttersubstanz und Preßsaft war folgende:

In 100 Teilen frischer Substanz sind:

	Trockensubstanz	Asche	Organisch	Pentosen
Meerrettig normal	26·36	1·90	24·46	2·962
Zellmembran organisch	—	—	6·85	—
Substanz abzüglich Zellmembran	—	—	17·61	—
Preßsaft	5·45	0·78	4·67	0·167
Gesamtmasse zu Preßsaft	20·67 %	41·05	19·09	5·64
Organisches, ausschließlich Zellmasse zu Preßsaft	—	—	26·5 %	—

Der Meerrettig verhält sich annähernd wie die Möhren, der Preßsaft enthält aber weniger Pentosen und vor allem weniger organische Stoffe überhaupt. Die Analysen beziehen sich auf eine Probe Meerrettig, welche pro 100 Teile frisch 447 Prozent Saft gaben. In einem anderen Falle erhielt ich genau 50 Prozent Saft pro 100 g frischer Substanz.

Die Verteilung der Pentosen ergibt sich aus folgendem:

In 100 Teilen Trockensubstanz sind:

Im ganzen	—	10·49	—
In den Zellmembranen . . .	7·42	—	= 75·4 %
Im Saft	0·63	8·55	6·0
Anderweitig, nicht auspreßbar	—	1·94	18·6

Man kann also sagen, daß auch in den Wurzelgemüsen, Möhre und Meerrettig die Hauptmasse der Pentosen auf die Zellmembran entfällt und daß nur ein kleiner Teil zu den mit dem Saft leicht resorbierbaren Substanzen gerechnet werden kann. Von den organischen Substanzen überhaupt ist ein großer Teil auf die Zellmembranen zu beziehen. Bei den Möhren und bei dem Meerrettig die Zellmembran in die Analysen eingesetzt, würde folgendes Bild geben:

	N-freie Extrakte	Zellulose
Möhren (bisherige Berechnungsweise)	75·9	11·2
Meine Untersuchung	59·60	26·4 Zellmembran
Meerrettig (bisherige Berechnungsweise)	69·2	11·8
Meine Untersuchung	54·6	26·4 „

Die Beurteilung des Nährwertes nimmt also eine wesentlich andere Betrachtung an. Die Menge der N-freien Extrakte wird vermindert. An Stelle der Rohfaser, welche nur einen Teil der schwer verdaulichen Kohlehydrate ausmacht, tritt die Gesamtmasse der Zellmembranen.

Die Schwarzwurzel.

Zu der Zeit, als die vorstehenden Versuche begonnen wurden, waren frische Schwarzwurzeln nicht zu erhalten, sondern nur ein Trockenpräparat, das dem Pulvern große Widerstände entgegensetzte. Auch in anderer Richtung erwies es sich als schwierig zu bearbeiten.

Von Interesse war mir die Schwarzwurzel deshalb, weil sie von Knieriem als eine Substanz mit schwer resorbierbarer Zellulose bezeichnet wurde. Das Trockenpräparat enthielt auch offenbar die äußeren Schichten der Wurzel, da es von dunkler Farbe war, für gewöhnlich werden aber diese äußeren Schichten entweder durch Schaben entfernt oder auch nach dem Kochen abgezogen. Die Menge der Pentosen in der Trockensubstanz war 6·58 Prozent. Die Darstellung der Zellulose mißlang in den ersten Fällen

durch den Übelstand, daß sich die Filter bei der Extraktion der mit chlorsaurem Kali behandelten Substanz alsbald verstopften. Erst als das Reaktionsprodukt mit ClO_3K und Salzsäure drei Tage lang mit warmem Wasser gewaschen worden war, ließ sich nach dem Entfernen der Ligninsubstanzen mit NH_3 leicht filtrieren, obschon die Flüssigkeit durch ihre dunkle Farbe das Gegenteil vermuten ließ. Es wurden 7·9 Prozent asche- und pentosanfreie Zellulose erhalten. Der Pentosangehalt der Zellulosetrockensubstanz war 6·56 Prozent.

Nach Königs Zusammenstellung wird für 100 Trockensubstanz der Schwarzwurzel angegeben 5·31 Prozent Rohprotein, 2·55 Prozent Fett, 75·54 N-freie Extrakte, 11·59 Prozent Zellulose, 5·05 Prozent Asche. Damit stimmen meine Zellulosebestimmungen nicht überein. Ich war aber nicht in der Lage zu erfahren, in welcher Weise mein Präparat hergestellt worden war. Der Hauptgrund, das schlechte Filtrieren, namentlich der Wasserextrakte zur Darstellung der Zellmembran, scheint in einer relativ geringen Menge Pflanzenschleim zu liegen. Mit heißem Wasser erhält man einen Extrakt, der rasch erstarrt und mit Alkohol ein fadenförmiges Gerinnsel bildet.

Im November 1915 wurden noch frische Schwarzwurzeln untersucht, die äußere schwarze Schicht durch Schaben mit dem Messer vollkommen beseitigt, die Masse dann gründlich zerkleinert und zur Analyse verwandt. Bei der Darstellung der Zellulose kehrte der früher bemerkte Übelstand, wenn auch nicht in gleichem Maße wie bei dem Trockenpräparat, wieder, das Auswaschen nach der Chloratbehandlung wie nach der Behandlung mit NH_3 war schwierig, da eine kleine Menge einer Substanz vorhanden war, welche die Poren des Filters etwas verlegte.

Die zerkleinerte Masse enthielt 23·29 Prozent Trockensubstanz und diese 3·43 Prozent Asche. Die Menge der Pentosen war noch etwas geringer als in dem vorher untersuchten Präparat, 5·52 Prozent. Der Grund könnte darin liegen, daß hier die äußere Randzone, die zäher und derber ist wie die innere, entfernt worden war und da die zellmembranreichen Schichten, das darf man vermuten, auch pentosereicher sind, wird man den geringen Pentosengehalt erklärlich finden. Die Menge der Zellulose war asche- und pentosefrei für 100 Trockensubstanz: 5·89 Prozent. Die Zellulose war nicht locker und weiß, sondern etwas spröder und grau. Der Zellulosegehalt war also auch kleiner wie jener der früher untersuchten Trockenkonserven, was darin seine Erklärung findet, daß letztere auch die äußere schwarze Haut noch enthielt.

Im Einklang mit dem gar nicht erheblichen Zellulosegehalt war auch die Menge der Zellmembran gering im Vergleich zu den anders untersuchten

Wurzelgemüsen, nämlich 12·52 Prozent aschefreie und proteinfreie Substanz auf 100 Trockensubstanz gerechnet. Dies rechtfertigt also in keiner Weise die weitverbreitete Annahme, daß die Schwarzwurzeln ein schwer verdauliches Gemüse seien. Der Gehalt der Zellmembranen an Pentosen war auf die aschefreie Substanz berechnet = 24·15 Prozent Pentosane, somit enthält die Zellmembran von 100 Teilen trockener Schwarzwurzel 3·43 g Pentosen = 3·22 g Pentosane. Daraus folgt nachstehende Zusammensetzung der Zellmembran, die aschefrei in 100 Teilen enthält:

47·03 Reinzellulose,
24·15 Pentosane,
28·82 Rest.

Unter den Wurzelgemüsen enthält die Zellmembran also am meisten Zellulose. Für die Verteilung der Pentosen ergibt sich, daß die Zellmembran die Hauptmasse desselben enthalten.

In 100 Teilen Trockensubstanz sind:

in der Schwarzwurzel . . . . 5·52
in der Zellmembran . . . . 3·43 = 62·1 Prozent.

Die etwas geringere Beteiligung der Pentosen an der Zellmembran im Verhältnis zu der Gesamtpentose findet darin ihre Erklärung, daß bei einem Teil der Zellmembran die Außenschicht durch das Abschaben der schwarzen Masse beseitigt worden war.

Der N-Gehalt der Trockensubstanz war 1·95 Prozent = 12·19 Prozent Protein, der Gehalt an Ätherextrakt 1·35 Prozent.

Im Zusammenhang mit vorstehenden eingehenden Untersuchungen habe ich noch ein paar der heute als Gemüse verwendeten Wurzelgewächse auf einige allgemeine Eigenschaften untersucht. Die billigsten Rüben waren die weißen Rüben, teuer die Teltower Rübchen. Es wurde folgendes als Zusammensetzung gefunden:

	In 100 Teilen trocken			
	N-Gehalt	N-Substanz	Asche	Pentosen
Kohlrüben	1·18	7·37	4·79	8·08
Rote Rüben . . .	1·31	8·19	5·56	6·84
Teltower Rüben . .	2·98	18·06	7·69	8·11

Die Hauptmasse der Pentosen ist in der Zellmembran, daher gibt der Pentosengehalt anscheinend bei den eigentlichen Wurzelgemüsen einen Fingerzeig über den Gehalt an Zellmembran, die eben noch aufgeführten Fälle gruppieren sich daher vermutlich zu Meerrettig und Mohrrüben.

Die Zusammensetzung der in diesem Abschnitt behandelten Wurzelgewächse ergibt folgendes.

In 100 Teilen Zellmembran sind:

Substanz	Zellmembran in Proz. der Trockensubstanz	Zellulose	Pentosane	Rest
Kartoffel . . .	5·59	40·72	5·55	53·70
Gelbe Rüben .	26·4	42·42	22·31	35·27
Meerrettig . .	26·4	44·74	24·57	30·69
Schwarzwurzel .	12·5	47·03	24·15	28·82

Die Zusammensetzung der Zellmembranen stimmt bei gelben Rüben, Meerrettig und Schwarzwurzel ziemlich miteinander überein, denn kleinere Abweichungen kommen möglicherweise bei einer Spezies überhaupt vor. Die Zellulose überwiegt, die Pentosane betragen rund die Hälfte der Zellulose, die Restsubstanz steht zwischen Zellulose und Pentosanen. Nur die Kartoffel macht eine Ausnahme, insofern ihre Zellmembran ungemein arm an Pentosanen ist.

In der Menge der Zellmembran überhaupt bestehen große Differenzen. Die Kartoffel ist im Verhältnis zu ihren nährenden Bestandteilen sehr arm an Zellmembranen, gelbe Rüben und Meerrettig bestehen über $^1/_4$ aus Zellmembran, der Aschegehalt dieser aufgeführten Nahrungsmittel bewegt sich zwischen 4 bis 7 Prozent, kann also im allgemeinen als gering bezeichnet werden, was im Hinblick auf die Blattgemüse zu beachten ist. Sehr auffallend bleibt der geringe Gehalt der Schwarzwurzel an Zellmembran; er ist nur halb so groß wie jener von Möhren und Meerrettig. Für die Bewertung als Nahrungsmittel kommen so erhebliche Differenzen wohl in Frage; es wird daher in Zukunft notwendig sein, die Untersuchungen auch im Interesse der praktischen Ernährung weiter auf andere Wurzelgewächse auszudehnen.

Die vorliegenden Untersuchungen gestatten immerhin bereits eine Schätzung der zu erwartenden Zellmembran, wenn man den Zellulosegehalt eines solchen Wurzelgewächses kennt, freilich inwiefern man dabei sich des Rohfasergehaltes als Indikators bedienen kann, habe ich nicht näher geprüft. In obigen Beispielen ist von der Kartoffel abgesehen, der Zellmembrangehalt etwa das 2·3 fache der Zellulose.

Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Blattgemüse.

Von

Max Rubner.

Die Zusammensetzung der Blattgemüse.

Nach den Wurzelgewächsen darf man sagen, haben unter den Gemüsearten die Blattgemüse eine besondere Verbreitung und auch ein besonderes Interesse. Als nährende Substanz haben wir dabei wesentlich das Blattgewebe. Die Zahl der hierher gehörigen als Nahrungsmittel angesprochenen Pflanzen ist ungeheuer groß und nach den verschiedenen Ländern sehr wechselnd. Da aber das botanische Grundelement, das Blattgewebe, bei eßbaren Teilen einigermaßen dieselben Verhältnisse aufweist, so ist von vornherein etwas Gemeinsames und vielleicht Typisches gegeben, das ausgedehnte Einzeluntersuchungen entbehrlich machen könnte. Zu den Pflanzen, die hier in Betracht kommen, gehören die Salate, die Spinate, die zahllosen Kohlarten, denen ich allerdings den botanisch fernstehenden Blumenkohl anfügen will. In der ernährungsphysiologischen Beurteilung dieser Pflanzen kann man deutlich zwei verschiedene Richtungen unterscheiden; die eine will in ihnen gewissermaßen eigenartige, der Gesundheit dienende Nahrungsmittel erblicken, wobei zweifellos der Charakter der Genußmitteleigenschaft unbewußt stark mitempfunden wird, die andere beurteilt sie nur nach dem Gehalt an Nährstoffen als Unterlage zur Bestreitung des Stoffwechsels. Bei keinem Nahrungsmittel sieht man, daß die Erkenntnis der realen Verhältnisse so wenig aufgeklärt ist wie hier.

Bei den Gemüsen tritt uns ein recht störender Umstand entgegen, nämlich die starken Schwankungen im Wassergehalt und Aschegehalt der Handelswaren. Speziell bei Spinat, Salat trat das ganz besonders in die Erscheinung. Wo der Spinat dem Gewichte nach verkauft wird, ist die Wässerung ein einfaches Mittel für den Verkäufer, erhebliche Gewinne einzuheimsen. Noch übler erwies sich der zum Teil enorme Sandgehalt, der

in einzelnen Fällen bis 50 Prozent des Gewichts der Trockensubstanz betrug. Daher sind die Gemüse insgesamt nur nach gründlichstem Auswaschen für die Analyse zu benützen. Aber auch der natürliche Aschegehalt ist bei vielen Gemüsen so groß und auch so schwankend, daß man bei Vergleich verschiedener Produkte auf diese Ungleichheit wohl zu achten hat.

Was den Nährwert selbst anlangt, so ist mit Bezug auf die N-haltigen Stoffe, das Rohprotein, nur im allgemeinen sichergestellt, daß neben den wirklichen Eiweißstoffen in manchen Fällen reichlich auch andere N-haltige Extraktivstoffe vorkommen. Von dem Gesamtstickstoff sind im Spinat[1] 76·9 Prozent Protein N, beim Kopfsalat nur 61·2, beim Blumenkohl 50·9 Prozent.

Über die Verdaulichkeit selbst liegen außer meinen Versuchen am Wirsing keine Versuche vor, die ausschließlich als reine Versuche anzusehen wären, meist sind nur gelegentlich die Gemüse als Beigabe zu einer anderen Kost geprüft, ein Verfahren, das einen genaueren Einblick in die Verhältnisse nur ausnahmsweise gestattet.

Jedenfalls ist die Kotausscheidung eine sehr erhebliche, es mag auf die S. 197 gegebene Zusammenstellung verwiesen sein. Neuerdings will man sogar in dieser Kotmassenerzeugung etwas Besonderes, die Gesundheit Förderndes sehen, eine völlig unbewiesene Behauptung. Wir dürfen erwarten, durch eine eingehende Untersuchung der Erkenntnis des Nährwertes näher zu kommen, der Genußwert wird damit nicht weiter berührt.

Die Untersuchung der Blattgemüse konnte nicht nur wegen der großen Verbreitung dieser Nahrungsmittel, sondern auch deshalb das Interesse in Anspruch nehmen, weil sie im allgemeinen überhaupt nach den bisherigen Angaben reich an Rohfaser sind, von der 9 bis 12 Prozent der Trockensubstanz vorhanden ist. In welchem Verhältnis die Rohfaser zu der gesamten Zellmembran steht, kann hier insofern besonders wichtig sein, weil von dieser Entscheidung die Auffassung über den Nährwert dieser Nahrungsmittel und die zur Resorption erforderlichen Verdauungsvorgänge mit abhängig ist.

Von manchen wurde von dem Gemüsekonsum geradezu die Lösung der Volksernährungsfragen erwartet; man sieht, bis zu welchem Grade die Verkennung unserer Hauptziele der Ernährung durch die unklaren Anpreisungen von ärztlicher und nichtärztlicher Seite gediehen sind.

Aus der reichen Menge aus diesem Gebiete uns als Nahrung zur Verfügung stehender Pflanzen habe ich sechs ausgewählt, den Salat, den Spinat, den Wirsing, Brunnenkresse, Grünkohl und den Blumenkohl.

---

[1] C. Böhmer, *Landwirtschaftliche Versuchsstation*. 1882. Bd. XXVIII. S. 247

In den grünen Gemüsen handelt es sich beim Genuß um die Formelelemente des Blattes, um die Oberhaut und das Parenchym; Stengel und Rippen werden vielfach ausgeputzt und weggeschnitten, von dieser küchengemäßen Zubereitung bin ich allemal ausgegangen, da die Beziehungen zur Verdaulichkeit nur diese Voraussetzungen haben können. Dieses „Zubereiten“ bedingt für die Analysen aber einen Übelstand, der vielleicht unbequem war, aber mit in den Kauf genommen werden mußte, nämlich die wechselnde Zusammensetzung des Gemisches. Das Verhältnis von reiner Blattsubstanz zu den Rippen war bei der Auslese für die Küche recht ungleich, wie sie es eben in Wirklichkeit ist. Die Versuche in solch großer Zahl auszuführen, daß dadurch ein wahrer Mittelwert gewonnen worden wäre, wozu vielleicht ungemein zahlreiche komplette Analysen notwendig geworden wären, war mir nicht möglich gewesen und ging auch über das erreichbare Ziel, einen Einblick in die grundsätzlichen Unterschiede zu gewinnen, hinaus.

Der Spinat.

Der Spinat gehört zu jenen Gemüsen, die uns für einen großen Teil des Jahres zugängig sind, sein Reichtum an Rohprotein ist außerordentlich groß. Ich gebe die Zusammensetzung nach den üblichen Mittelwerten.

100 Teile Trockensubstanz enthalten:

34·49	Prozent	Rohprotein,
4·64	„	Fett,
33·55	„	N-freier Extrakt,
8·73	„	Zellulose,
18·5	„	Asche.

Für meine Zwecke wurde, wie schon erwähnt, ausgeputzter Spinat verwendet. Das Material war im Juli und November untersucht worden, die Blätter frisch und kräftig. Störend war meist der große Sandgehalt des auf märkischem Boden gewachsenen Spinates, der erst durch gründlichstes Abwaschen entfernt werden konnte. Das Wasser läßt sich dann nur schwer wieder völlig entfernen. Mühsam, aber am besten fand ich das Trocknen mittels Fließpapier. Auch beim besten Auswaschen fanden sich beim Auflösen der Asche in Salzsäure immer noch einige Sandkörnchen, die vom Gewichte abgezogen wurden. Bei dem Ausschneiden wird sicherlich insofern ungleich verfahren, als manchmal mehr Blattsubstanz, manchmal mehr Rippen und Wurzelteile in dem Gemenge vorhanden sein werden. Dieselben Einflüsse kehren auch bei anderen Gemüsen wieder, haben also ein allgemeines Interesse. Ich will daher gleich hier über Untersuchungen berichten, die ich am Spinat angestellt habe. Die grünen Blätter gehen

allmählich in die chlororphyllarmen Teile über und schließlich in die rötlichen, der Wurzel anliegenden Teile. Bei dem oberflächlichen Zerschneiden im Haushalt bekommt man ein Gemenge dieser beiden Pflanzenteile. Ich habe die reinen Blätter unter möglichster Beseitigung der Rippen und den rötlichen Wurzelteil jeden für sich analysiert. Die Blättermasse war weich und zart, der Wurzelteil schien härter und spröder. Das Ergebnis war ein unerwartetes.

In 100 Teilen Blatteilen waren:

		Im Wurzelteil	
in der frischen Substanz	12·12 Proz.	12·44 Proz.	Trockensubstanz
in der Trockensubstanz	14·6 ,,	10·69 ,,	Asche
,, ,, ,,	9·39 ,,	10·20 ,,	Pentose.
Berechnet man auf aschefreie Substanz, so			
ist der Pentosegehalt	10·99 Proz.	11·42 Proz.	

Es sind also wenigstens im Pentosengehalt wesentliche Unterschiede nicht vorhanden. Der härter erscheinende Wurzelteil erweist sich beim Zerkleinern ebenso saftig wie die Blätter.

Ich habe weiter untersucht, ob etwa die Zellmembran sich ungleich verhält, da wenigstens der Augenschein das Gefüge der Wurzelteile fester erscheinen ließ, als jene der Blätter. Allerdings war auffällig, daß nach dem Zerkleinern der Pflanzen Wurzel und Blätter fast gleich saftig erscheinen. Bei dem Auslesen schienen alle grünen Teile von den Wurzeln quantitativ entfernt, doch zeigte sich später beim Extrahieren mit Alkohol, daß aus den Wurzeln doch noch Spuren von Chlorophyll in den Alkohol übergingen. Der chlorophyllführende Blätterteil lieferte auf die Trockensubstanz berechnet 36·78 Prozent organische Zellmembranen, der chlorophyllfreie Wurzelteil 35·73 Prozent organische (Roh-)Zellmembran. Aber beide müssen noch mit Rücksicht auf die ungleiche Aschemenge betrachtet werden. Ich berechne daher noch auf den Gehalt der aschefreien Trockensubstanz des Ausgangsmateriales, dann wird der Gehalt an Zellmembran

bei dem Blatteil	43·07 Prozent
bei dem Wurzelteil	40·01 ,,

Der letztere ist also etwas ärmer an Zellmembran, praktisch gestaltet sich eine solche Differenz als bedeutungslos. Das Resultat ist nicht ohne Interesse, es zeigt auch, daß eine ungleiche Art der Zubereitung des Spinates wenigstens kaum einen Einfluß auf das Endresultat der Analysen haben kann, welche Frage ja der Ausgangspunkt der Betrachtung war. Die Trockensubstanz der Zellmembran des Blatteiles enthielt 12·41 Prozent Pentosane, jene des Wurzelteiles 16·39 Prozent. Ich gehe nun zur Be-

sprechung der Analysen über, die ich an verschiedenen Proben von Spinat, die in üblicher Weise zugerichtet waren, ausgeführt habe.

Der Pentosegehalt der Trockensubstanz des Spinates war im Mittel von vier verschiedenen Proben 8·22 Prozent (8·46; 9·36; 7·81; 8·12), es sind reichlich Methylpentosen vorhanden.

Bei einigen Fällen wurde die Zellulose erst aus den Zellmembranen dargestellt, was quantitativ gegenüber der Verwendung der ganzen Pflanzen keinen Unterschied, wohl aber den Vorteil bietet, daß das Auswaschen nach der Chloratbehandlung sehr vereinfacht wird.

Über die Zusammensetzung gibt folgende Analyse ein übersichtliches Bild. Verwendet wurde eine Probe mit 16·42 Prozent Asche. Ich muß namentlich bei Vergleichen verschiedener Gemüse nochmals besonders darauf verweisen, daß dabei der Aschegehalt stets beachtet werden muß.

100 Teile Trockensubstanz enthalten:

16·42	Prozent	Asche,
83·58	,,	Organisches,
5·02	,,	N = 31·37 Prozent Protein,
8·86	,,	Pentosen,
10·69	,,	asche- und pentosanfreie Zellulose,
26·57	,,	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 7·28 g Pentosen = 6·43 g Pentosane,
3·31	,,	Fett.

Von dem Protein war ein sehr erheblicher Teil in der Zellmembran geblieben, nämlich 47·8 Prozent. Als Zusammensetzung der proteinfreien Zellmembran ergibt sich:

40·23	Prozent	Zellulose,
24·42	,,	Pentosan,
35·35	,,	Rest.

Berechnet man aschefrei, so treffen auf 100 Teile trockenen Spinat 31·8 Prozent organische Zellmembran, im Vergleich zu den Wurzelgemüsen scheint demnach hier mehr Membran vorzuliegen; bezüglich dieses Membranwertes sei auch noch auf die S. 222 oben angegebenen Untersuchungen verwiesen.

Ich bemerke, daß ich stets mehrere, 4 bis 5 Zellmembranbestimmungen ausgeführt habe, die gut übereinstimmen, für mich aber auch insofern nötig waren, um die vielen sonstigen Analysen mit dem Material ausführen zu können. Bei dem Ausziehen mit Wasser ist ein Diastasezusatz, mit dem das Material 24 Stunden im Brutraum bleibt, meist förderlich. Einen Unterschied in den Werten für Zellmembranen habe ich in Vergleichen

zur Anwendung des rohen und des vorher getrockneten Materiales hier nicht gefunden.

Ich habe schon mehrfach hervorgehoben, daß sich nicht nur, wie Hoffmeister zuerst angegeben hat, die Rohzellulose durch verdünnte Kalilauge in zwei Teile spalten läßt, von dem der eine Teil leichter resorbiert wird, wie der andere, sondern daß man die 5 Prozent Kalilauge gleich direkt auf die Zellmembran wirken lassen kann.

Wenn man den Spinat zerschneidet und ihn liegen läßt, so läuft von selbst eine große Menge Flüssigkeit aus. Der Preßsaft scheint also hier eine große Rolle zu spielen, d. h. es ist ein großer Teil der Substanzen schon in gelöster Form vorhanden, im Gegensatz zur Kartoffel zum Beispiel. Die Preßsaftbestimmung in der Marktware hat aber selbstverständlich, was das Volumen der ausgepreßten Masse anlangt, ihre Fehler, da man nicht immer beurteilen kann, ob nicht der natürliche Wassergehalt durch Zufälligkeiten erhöht oder durch Lagern und Verdunsten etwas vermindert ist.

1000 g Spinat (andere Probe als die vorhergehende) lieferten bei 300 Atmosphären 740 ccm Saft, der sehr eiweißreich ist, wie man beim Abdampfen sofort erkennen kann, während bei Salat eine geringere Eiweißausscheidung eintritt und am geringsten war sie bei den Rüben und Kartoffeln, also so etwa wie die Unterschiede im N-Gehalt der einzelnen Wurzelgewächse und Gemüse dies auch ausdrücken. Das Destillat bei der Pentosebestimmung war blutrot und sehr reich an Methylpentosen. Folgendes waren die Ergebnisse:

In 100 Teilen frischer Substanz sind:

	Trocken-substanz	Asche	Organ. Substanz	Pentosen
Ursprünglicher Spinat	7·41	16·5	5·76	0·61
Zellmembran, organisch	—	—	1·97	—
Substanz abzüglich Zellmembran	—	—	3·79	—
Preßsaft	1·22	0·50	0·72	0·028
Gesamtmasse zu Preßsaft	16·46%	30·12%	12·50%	4·67%
Organisches, ausschließlich Zellmembran zu Preßsaft	—	—	18·9%	—

Der Preßsaft ist im allgemeinen hier sehr wässerig und hat weniger Gehalt als jener der gelben Rüben zum Beispiel; von der Asche geht annähernd so viel in den Preßsaft über, wie bei Kartoffel und gelben Rüben. Von den Pentosen ist aber nur ein sehr kleiner Teil in dem Preßsaft enthalten. Von der organischen Substanz macht die Zellmembran über ein Viertel aus, fast $^1/_5$ der organischen Substanzen geht in den Saft über.

Über die Verteilung der Pentosen läßt sich folgendes sagen:
100 Teile Trockensubstanz enthalten:

Im ganzen Spinat		8·86 g Pentosen	
In den Zellmembranen . . .	7·30		82·7 %
Im Saft	0·038	7·34	4·3
Anderweitig, nicht auspreßbar		1·52	13·0

Die Zellmembran ist die Hauptquelle des Pentosangehaltes; die kleinen Reste, welche außerhalb der Zellmembranen verbleiben, müssen wohl als lösliche Pentosen angesehen werden, von denen ein Teil mit dem Rest des Wassers im Preßrückstand zurückbleibt.

Von 100 Teilen trockenem Spinat waren in 5 Prozent Kali in der Kälte nur 28·12 Prozent (Organisches) unlöslich, diese enthielten nur 1·66 g Pentosen. 100 Teile trockenen Spinats enthalten aber 26·6 Zellmembran mit 7·3 g Pentosen, also sind aus der Zellmembran (organisch) 5·6 g Pentosen, d. h. 76·8 Prozent gelöst. Der gelöste organische Teil besteht nur zu 41·6 Prozent aus Pentosen. Ähnliche Verhältnisse zeigten sich früher bei Birkenholz, wo allerdings die Menge der gelösten Pentosen größer war, und bei Kleie, die im allgemeinen, was die organische Substanz anlangt, mehr an Kali abgab. Man muß aber erwägen, daß bei Spinat ein großer Teil der Proteinstoffe in den Kaliauszug übergeht.

Die Löslichkeit der aschefreien (aber nicht proteinfreien) Zellmembran des Spinates in 5 Prozent Kali habe ich in einem besonderen Versuch festgestellt. Es waren 61·06 Prozent der Zellmembran unlöslich und 38·9 Prozent gelöst, also ziemlich reichlich Gelöstes vorhanden. Diese Substanz hatte die üblichen Eigenschaften solcher Produkte, war fällbar in Alkohol, leicht wieder in Wasser aufnehmbar, gab weder Trommersche, noch Phloroglucinprobe, nach kurzem Erwärmen mit ClH aber beide Reaktionen. Eine elektive Auflösung von Pentosen scheint nicht nachzuweisen. Denn es enthielten 100 Teile Spinatzellmembran (aschefrei) 15·47 g Pentosen 61·06 Teile Ungelöstes (aschefrei) mit 17·85 Prozent Pentosen 10·89 g; 38·94 lösliche Teile 4·58 g, also die letzteren 11·76 Prozent Pentosen, etwas weniger, wie die ursprüngliche Substanz; zweifellos war aber auch Eiweiß gelöst worden.

Die gelöste Substanz schien erst nach etwas längerem Erhitzen in Zucker überzugehen, während sonst diese Umwandlung sehr leicht erfolgt.

Kopfsalat.

In seinem Äußeren entspricht der Salat dem Spinat, d. h. er besteht aus Blattmasse. Die Ungleichheit liegt nur darin, daß für den Genuß die inneren, mehr gelben, und wie man sagt, zarteren Teile ausgelesen

werden. Für den Salat wird als mittlere Zusammensetzung angegeben für 100 Teile Trockensubstanz:

24·31 Prozent Rohprotein,
5·46 Fett,
38·62 N-freie Extraktstoffe,
12·08 Zellulose,
18·2 Prozent Asche.

Für die Zubereitung des Materials für meine Versuche gilt das bei Spinat Gesagte, ebenso das, was über die Aschebestimmung vorausgeschickt wurde. Der Salat war sehr schwer ganz sandfrei zu bekommen, im oberflächlich gewaschenen Salat betrug der Sand die Hälfte der ganzen Trockensubstanz, die gründliche Reinigung war sonach das erste Erfordernis.

Eine Untersuchung wurde im August, eine im November vorgenommen, der äußerliche Unterschied war der, daß im Sommer hauptsächlich die grüngelben Blätter verwendet wurden, im November aber war überhaupt nur grünes Material zu erhalten. Je nach der Art des Trocknens hat der Salat einen nach dem Waschen wechselnden Wassergehalt, eine dieser Proben hatte 9·26 Prozent, bei 13·62 Prozent Reinasche der Trockensubstanz. Der Pentosegehalt war 8·75 (= 10·14 Prozent der organischen Substanz). Der Zellulosegehalt betrug, auf die Trockengehalt berechnet, 14·97 Prozent (Organisches), der Pentosengehalt der Zellulose 6·34 Prozent = 5·59 Prozent Pentosan, es kommen also 0·84 Prozent Pentosane in Abzug, so daß 14·13 Prozent asche- und pentosanfreie Zellulose hinterblieben. Der Wert liegt etwas höher als die oben angeführte Analyse nach der Weender-Methode.

Der N-Gehalt bei 13·6 Aschegehalt beträgt 3·89 Prozent = 24·31 Prozent Protein, das Rohfett 4·46 Prozent. Die Werte der Zellmembran sind vermutlich etwas zu hoch ausgefallen, da zu ihrer Ausführung nur vorher getrocknetes Material zur Verfügung stand. Im ganzen erhält man also folgendes Bild dieser Salatprobe:

100 Teile Trockensubstanz enthielten:

13·62 Prozent Asche,
86·38 ,, Organisches,
8·75 ,, Gesamtpentosen,
14·13 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
32·67 ,, asche- und proteinfreies Zellmembran mit 7·61 g Pentosen = 6·62 g Pentosane,
3·89 ,, N = 24·3 Prozent Protein,
4·46 Prozent Rohfett.

Für die Zusammensetzung der Zellmembran würde sich ergeben pro 100 Teile:

43·25 Zellulose,
20·26 Pentosane,
36·49 Rest.

Von diesem Sommersalat wurde eine Probe mit 5 Prozent Kali 24 Stunden in der Kälte behandelt, wobei 30·1 Prozent in Kali unlöslich zurückblieben. In diesem unlöslichen Teil waren 3·22 g Pentosen enthalten; wenn der Zellmembrangehalt mit 6·59 g Pentosan angenommen wird, so sind 2·8 g Pentosan unlöslich gewesen und 72·1 Prozent in Lösung gegangen.

Die Menge des Preßsaftes des Sommersalates kann bis 700 ccm pro Kilo betragen, bei der Pentosendestillation wurde ein blutrotes Destillat erhalten mit reichlich Methylpentosen. Vergleicht man den Preßsaft mit den oben angegebenen Werten des Salates, so erhält man für 100 Teile frisch berechnet:

	Trocken-substanz	Asche	Organ. Substanz	Pentosen
Ursprünglicher Salat	9·26	1·25	8·01	0·82
Zellmembran, organisch	—	—	3·02	—
Substanz abzüglich Zellmembran	—	—	4·99	—
Preßsaft	1·52	0·40	1·12	0·027
Gesamtmasse zu Preßsaft	16·37 %	32·24 %	13·9 %	3·29 %
Organisches, ausschließlich Zellmembran zu Preßsaft	—	—	22·5 %	—

Von der Trockensubstanz ist relativ wenig in den Preßsaft gegangen, auch verhältnismäßig nicht sehr viel von den Salzen. Berücksichtigt man den Zellmembrangehalt, so gehen immerhin 22·5 Prozent der Nährstoffe in den Preßsaft über.

Die Hauptmasse der Pentosen ist in den Zellmembranen enthalten. In 100 Teilen Trockensubstanz sind:

Im ganzen Salat		8·75	
In den Zellmembranen	7·46		85·26 %
Im Saft	0·29	7·75	3·29
Anderweitig, nicht auspreßbar		1·00	11·45 %

Im November 1915 wurde nochmals eine Probe in gleicher Weise untersucht, nur darin trat eine Änderung ein, daß die Zellmembran diesmal gleich vom frischen Ausgangsmaterial hergestellt wurde. Der Salat enthielt nach gründlichem Waschen 15·37 Prozent Asche der

Trockensubstanz, der Pentosegehalt 7·67 Prozent, war etwas geringer wie im vorigen Versuch.

Der Zellulosegehalt war 15·89 Prozent aschefreie Substanz, auf die Trockensubstanz berechnet. Der Pentosegehalt = 10·27 Prozent = 9·07 Pentosan, woraus sich 14·18 Prozent asche- und pentosanfreie Zellulose ergeben.

Die Zellmembranbestimmung (4 Bestimmungen) ergab, auf die Trockensubstanz berechnet, 37·70 Prozent aschefreie Substanz, mit einem Gehalt von 16·93 Prozent Pentosen = 14·95 Prozent Pentosane = 5·64 g Pentosane für die gesamte Zellmembran und 10·91 g Protein = 26·79 Prozent asche- und proteinfreie Zellmembran; die proteinhaltige Zellmembran enthält also 37·61 Prozent Reinzellulose.

Außerdem wurde eine Zellulosebestimmung in der Zellmembran selbst ausgeführt, indem eine kleine Probe derselben (2·5 g) untersucht wurde, wobei für die organische Substanz 37·12 Prozent Zellulose gefunden wurde, was mit der obigen Bestimmung gut übereinstimmt.

Die Gesamtanalyse hat also für 100 Teile Trockensubstanz ergeben:

15·37 Prozent Asche,
84·63 ,, Organisches,
7·67 ,, Gesamtpentosen,
13·97 ,, asche- und pentosenfreie Zellulose,
26·79 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 6·37 g Pentose = 5·64 g Pentosan.

Aus diesen Analysen ergibt sich für die prozentige Zusammensetzung der Zellmembran:

52·14 Reinzellulose,
21·05 Pentosane,
26·81 Rest.

Pentosan und Reinzellulosengehalt stehen mit der im August untersuchten Probe nicht ganz im Einklang, denn diese hatte etwas weniger Zellulose und etwas mehr Pentose, eine nicht unwesentliche Abweichung betrifft aber die Zellmembran, deren Menge kleiner ist, wie in der früher untersuchten Probe. Dagegen stimmen beide Ausgangsmaterialien in der Verteilung der Pentosen ganz gut übereien, in der ersten Probe waren in der Zellmembran 85·26 Prozent der Pentosane, hier 83·0 Prozent. Im Mittel kann man für den Salat 29·7 Prozent organische Zellmembran annehmen, bei einer Zusammensetzung für 100 Teile von

47·69 Reinzellulose,
20·65 Pentosan,
31·66 Rest.

Wenn man die mittlere Zusammensetzung des Salates nach König betrachtet, so sollte in 100 Teilen Trockensubstanz 50·7 Prozent N-freier Extrakt und Rohfaser enthalten sein, davon wären nach meiner Analyse 29·70 Teile aber Zellmembran, so daß statt 38·62 Prozent N-freie Extrakte nur 21·0 Teile vorhanden wären; fast $^1/_2$ der Stoffe dieser Nahrungsgruppe bestehen also nur aus Zellmembran. Es verhält sich in dieser Hinsicht der Salat also etwa wie der Spinat, was für seine Beurteilung als Nährmaterial wesentlich ist.

Die Zellmembran des Salates war weniger kalilöslich als jene des Spinates. Von 100 Teilen aschefreier Zellmembran waren in 24 Stunden

69·08 Teile unlöslich,
30·92 ,, löslich,

gaben als Fällung mit Alkohol ein weißlich gelbes Pulver, leicht wasserlöslich, ohne Trommer und Phloroglucinreaktion (in der Kälte). Durch Erhitzen mit ClH wurden beide Reaktionen prompt erhalten. Die gelöste Substanz war hier pentoseärmer als die Muttersubstanz, denn

100 Teile aschefreier Zellmembran enthielten . . .	16·93	Teile	Pentosen
69·08 Teile Ungelöstes (aschefrei mit 20·25 Prozent Pentose)	13·99	,,	,,
30·92 Gelöstes	2·98	,,	,,

Somit fanden sich in 100 Teilen (aschefrei) Gelöstem nur 9·50 Teile Pentose. Der Fall liegt also ähnlich wie mit jenem des Spinates; in beiden Fällen erweisen sich die Pentosane weniger gut löslich wie die andere Zellsubstanz, im Gegensatz zu Birkenholz und der Kleie, welche beide so große Mengen Pentosane abgeben.

Die Brunnenkresse.

Um noch eine weitere Pflanze mit vorwiegend Blattgehalt zu untersuchen, habe ich die Brunnenkresse ausgewählt, die ja ungemein weit verbreitet in Quellen und kleinen Bächen vorkommt, aber merkwürdigerweise nicht überall als Nahrungsmittel verwendet wird. Die gebräuchlichste Anwendung ist die als Salat. Früher hat man sie sogar vielfach als diätetisches Heilmittel bei allen möglichen Krankheiten, namentlich bei Kachexien und ähnlichen angewandt. Das Material war in Berlin ziemlich unbekannt und scheint also ein begehrter Handelsartikel nicht zu sein, während man es anderen Ortes oft reichlich zum Verkauf ausgeboten findet. Verwendet werden bekanntlich nur die Blättchen, nicht die Stiele

der Pflanzen. Der Trockengehalt war 11·31 Prozent. Auf 100 Teile Trockensubstanz trafen[1]:

10·43	Prozent	Asche,
89·57	,,	Organisches,
2·88	,,	N = 18·00 Prozent Protein,
5·03	,,	Gesamtpentosen,
13·53	,,	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 3·19 g Pentose = 2·82 g Pentosane,
5·68	,,	asche- und pentosanfreie Zellulose.

Diese Pflanze ist reich an Protein, arm vor allem an Gesamtpentosen. Damit deckt sich auch der auffallend geringe Gehalt an Zellmembran, der kaum halb so viel ausmacht, wie der anderer blattreicher Gemüse. In 100 Teilen organischer Zellmembran sind:

41·95	Prozent	Zellulose,
15·49	,,	Pentosane,
42·56	,,	Rest.

Von den Pentosen ist auch hier der größte Teil in den Zellmembranen, aber doch nur 63·4 Prozent, also weniger als in vielen anderen Gemüsen. Der Zellsaft wurde nicht untersucht.

Wirsingkohl.

Die zur Ernährung verwendeten Kohlarten sind außerordentlich mannigfach, nach Gegenden aber schwankend. Da die Verdaulichkeit des Wirsingkohles durch meine Versuche bekannt ist, habe ich ihn als Beispiel der Kohlarten überhaupt in Untersuchung genommen, die Strünke weggeschnitten, also genau wie es zu Genußzwecken üblich ist. Die Hauptmasse der Blätter war mehr gelblich, nur einige lebhafter grün. Nach den Zusammenstellungen von König (Bd. II, S. 926) berechnet sich auf 100 Teile Trockensubstanz:

24·18	Protein,
3·70	Fett,
54·26	N-freie Extrakte,
10·72	Zellulose,
9·05	Asche.

[1] Eine andere untersuchte Probe aus anderer Gegend hatte 18·27 Prozent Asche und 7·68 Prozent Zellulose der Trockensubstanz.

Der Gehalt meiner Substanz an Trockensubstanz war zwischen 8·23 bis 10·27 Prozent schwankend, der Aschegehalt 6·3 dis 8·23 Prozent. Eine Probe hatte für 100 Teile Trockensubstanz folgende Zusammensetzung:

6·33 Asche,
93·77 organische Substanz,
4·11 N = 25·68 Protein,
9·63 Gesamtpentose,
27·44 organische proteinfreie Zellmembran mit 7·41 Pentosen = 6·54 Pentosane,
10·69 Reinzellulose,
0·60 Fett.

Die Rohzellulose hatte noch 9·75 Prozent Pentosane enthalten. Die Zellmembranen waren ein sehr weißes flockiges Material; bei der mikroskopischen Untersuchung wurden in ein paar Schließzellen noch kleine Stärkekörnchen eingebettet gefunden.

Für 100 Teile Zellmembran ist also zu berechnen:

38·96 Reinzellulose,
23·55 Pentosane,
37·49 Prozent Rest.

Der Preßsaft von saurer Reaktion, stark nach Merkaptan riechend, betrug 700 ccm pro 1 kg und enthielt reichlich Eiweiß. Die Verteilung der Bestandteile auf das Ganze und den Preßsaft für 100 Teile frischer Substanz war:

	Trockensubstanz	Asche	Organ. Substanz	Pentosen
Ursprünglicher Wirsing	10·31	0·645	9·67	2·014
Zellmembran, organisch	—	—	3·41	—
Substanz abzüglich Zellmembran	—	—	6·26	—
Preßsaft	3·94	0·412	3·53	0·132
Gesamtmasse zu Preßsaft	38·19%	63·87	36·46	13·01
Organisches, ausschließlich Zellmembran zu Preßsaft	—	—	56·38%	—

Der Wirsing unterscheidet sich nach mehrfachen Richtungen vom Spinat und Salat. Bemerkenswert ist die erhebliche Menge der Salze, welche verhältnismäßig in den Preßsaft übertreten, ganz erheblich vor allem die auspreßbaren organischen Substanzen, die gegenüber dem Spinat das Doppelte betragen.

Will man die Pentosenverteilung berechnen, so hätte man für 100 Teile Trockensubstanz:

Im ganzen Wirsing		9·63 g	
In den Zellmembranen . . .	7·41		76·95 %
Im Saft	1·29	8·70	13·39
Anderweitig, nicht auspreßbar		0·93	9·66 %

Um die Schwankungen der Zusammensetzung näher kennen zu lernen, wurde Anfang 1916 nochmals eine Probe Wirsingkohl untersucht, welche folgende Ergebnisse lieferte; der Gehalt der frischen Substanz an Trockengehalt war 8·28 Prozent.

In 100 Teilen Trockensubstanz des Wirsingkohles waren:

8·14 Prozent Asche,
91·86 ,, Organisches,
3·59 ,, N = 22·43 Rohprotein,
9·62 ,, Gesamtpentosen,
29·51 ,, asche- und pentosefreie Zellmembran mit 7·56 g Pentose und 6·67 g Pentosane,
13·15 ,, Reinzellulose.

Dies Ergebnis stimmt befriedigend mit der zuerst untersuchten Probe überein. Daraus folgt als Zusammensetzung der Zellmembran:

44·56 Prozent Zellulose,
23·42 ,, Pentosane,
32·02 ,, Rest.

Von 100 Teilen Gesamtpentosen sind in der Zellmembran 78·59 Prozent. Legt man beide Analysen für die Zellmembran zusammen, so ist das Mittel für 100 Teile organische Substanz:

41·76 Prozent Zellulose,
23·48 ,, Pentosane,
34·76 ,, Rest.

Um festzustellen, inwieweit durch die Bestimmung der Zellmembran die Menge der früher in der Analyse eingeführten N-freien Extrakte beeinflußt wird, will ich die zuerst angeführte Analyse und ebenso die bei König aufgeführten Werte auf aschefreie Substanz umrechnen, damit vergleichbare Werte vorliegen, dann ergibt sich pro aschefreie Substanz

	nach König	Meine Analyse des Wirsing
Rohprotein	26·59	27·37
Rohfaser	11·40	11·40 Reinzellulose
N-freie Extrakte	57·55	60·59
		42·72 wirklicher N-freier Extrakt

nach Abzug der Zellmembran. Der Unterschied ist also sehr bedeutend und beträgt 14·83 Prozent weniger, als bisher für diese Stoffgruppe angenommen worden ist. Bemerkenswert wäre noch, daß von dem Protein nur 7·4 Prozent bei der Darstellung der Zellmembran in letzterer verbleibt.

Blumenkohl.

Der Blumenkohl gehört genau besehen nicht zu den Blattgemüsen, da gerade die Blätter desselben nicht zur Nahrung dienen, sondern der fleischige Stengel mit seinen zu weißen Massen verwachsenen Blüten. Somit kann es nur der üblichen Gebrauch als Nahrungsmittel rechtfertigen, wenn er an dieser Stelle den vorgenannten Blattgemüsen angefügt wird. Als Zusammensetzung der Trockensubstanz wird angegeben: für 100 Teile trocken:

27·63 Prozent Rohprotein,
3·73 Fett,
50·00 N-freier Extrakt,
10·00 Rohfaser,
9·1 Asche.

Das verwendete Material enthielt 10·45 Prozent Trockensubstanz, 8·32 Prozent Asche des letzteren.

In 100 Teilen Trockensubstanz waren nach meinen Analysen:

8·32 Prozent Asche,
91·68 ,, Organisches,
11·33 ,, Gesamtpentosen,
14·28 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
32·61 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 8·16 g Pentose = 7·21 g Pentosane,
0·8 ,, Ätherextrakt.

Die Zellmembran war eine außerordentlich feinflockige Masse, wie Federflaum. Aus obiger Analyse folgt für die Zusammensetzung der organischen Zellmembran: In 100 Teilen sind:

43·79 Prozent Reinzellulose,
22·11 Pentosane,
34·10 Rest.

Der Preßsaft, bräunlich, war reichlich, er machte 640 ccm pro Kilogramm aus.

In 100 Teilen frischer Substanz waren:

	Trocken-substanz	Asche	Organ. Substanz	Pentosen
Ursprünglicher Blumenkohl	10·45	0·87	9·58	1·184
Zellmembran, organisch	—	—	3·41	—
Substanz abzüglich Zellmembran . .	—	—	6·17	—
Preßsaft	3·24	0·45	2·79	0·114
Gesamtmasse zu Preßsaft	31·00%	51·72	29·12	9·63
Organisches, ausschließlich Zellmembran zu Preßsaft	—	—	45·22%	—

Der Blumenkohl zeigt manche Parallele zum Wirsingkohl in dem Reichtum der auspreßbaren Salze und den relativ erheblichen Übergang organischer Substanzen in den Preßsaft.

Die Hauptmasse der Pentosen ist auch hier in der Zellmembran enthalten, denn es findet sich folgendes:

100 Teile trocken enthalten:

Im ganzen Blumenkohl . . .		11·33 g Pentosen	
In den Zellmembranen . . .	8·22		72·55%
Im Saft	1·09	9·31	9·63
Anderweitig, nicht auspreßbar		2·02	17·82

Ein erheblicher Teil ist von den Pentosen noch im Preßrückstand geblieben.

Nach König sind im Blumenkohl 50 Prozent N-freie Extrakte 10 Prozent Rohfaser = 60 Teile, zieht man davon die 32·61 Teile Zellmembran ab, so hinterbleibt als echter N-freier Extrakt nur noch 27·49 g pro 100 g Trockensubstanz, d. h. also etwa die Hälfte der bisherigen Annahme.

Mit diesem Resultate stimmte eine andere untersuchte Probe, namentlich was die Zellmembranmenge anlangt, nicht übereien. Der einzige Unterschied bestand, vorausgesetzt, daß nicht bei verschiedenen Pflanzen an sich Differenzen bestehen, darin, daß bei der Vorbereitung die härteren Teile des Blumenkohles besser ausgeschnitten waren, wie im anderen Falle. Auf 100 Teile Trockensubstanz trafen 24·46 Prozent asche- und proteinfreie Zellmembran mit 6·68 g Pentose = 5·90 g Pentosane.

Die Zellmembran enthielt also 24·12 Prozent Pentosane.

100 Teile frische Substanz hatten 12·14 Prozent Trockensubstanz, die letztere 7·91 Prozent Asche.

Der Grünkohl, Winterkohl.

Zu den Gemüsen, die in Norddeutschland eine sehr weite Verbreitung als Nahrungsmittel haben, gehört der in normalen Zeiten billige Grünkohl;

ich habe ihn daher auch noch untersucht, wenn es auch wahrscheinlich war, daß seine Zusammensetzung von dem Wirsingkohl nicht wesentlich abweicht. Die gekaufte Ware war schön kraus, fest, tiefgrün, von scharfem Geruch. Wie bei allen Gemüsen störte auch hier der Sandgehalt bei den Aschebestimmungen, die frische Substanz hatte 20·02 Prozent Trockensubstanz. Nach einer Angabe bei König, die allerdings nur das Mittel aus zwei Versuchen ist, berechne ich für die trockene Substanz des Grünkohls:

18·46	Prozent	Protein,
4·5	,,	Fett,
6·70	,,	Zucker,
61·04	,,	N-freie Extrakte,
9·48	,,	Rohfaser,
7·85	,,	Asche.

Die Analyse des Grünkohls bereitete keine besonderen Schwierigkeiten, auch wäre nur zu bemerken, daß die Beseitigung alles Chlorophylls zeitraubend ist und, wie es scheint, erst völlig durch Anwendung verschiedener Mittel möglich wird. Als Zusammensetzung des Grünkohles finde ich für 100 Teile Trockensubstanz:

11·50	Prozent	Asche,
88·5	,,	Organisches,
10·64	,,	Gesamtpentosen,
10·40	,,	asche- und pentosanfreie Zellulose,
25·86	,,	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 7·83 g Pentosen = 6·91 Pentosane,
5·33	,,	N = 33·24 Prozent Protein,
3·32	,,	Fett.

Der Grünkohl gehört also zu den pentosereichsten Kohlarten, meine Ergebnisse weichen nach manchen Richtungen erheblich von der oben angeführten Analyse von König ab; es gehört der Winterkohl nach der von mir untersuchten Probe zu den proteinreichsten Gemüsen, während die Angabe von König etwa einem mittleren Proteingehalt der Blattgemüse entspricht. Trotz der derben Natur des Gewächses ist der Zellulosegehalt kein ungewöhnlich hoher.

Die Menge der Zellmembranen entspricht dem mittleren Verhältnis der Blattgemüse. Bemerkenswert war, daß die Proteinsubstanzen bei der Reinigung der Zellmembran relativ (d. h. im Verhältnis zu anderen Blattgemüsen gleich hohen Proteingehaltes) leicht zu beseitigen waren. Es verblieben schließlich nur 13·2 Prozent der Gesamtproteinstoffe in der Zellmembran. Ich erwähne dies, weil ich beobachtet zu haben glaubte,

daß die Resorbierbarkeit im Darm in Beziehungen zu dieser Zähigkeit oder Leichtigkeit, mit der die Eiweißstoffe in den Zellen haften, steht.

In 100 Teilen reiner Zellmembran sind enthalten:

40·22 Prozent Zellulose,
26·71 ,, Pentosane,
33·07 ,, Restsubstanz.

Nach dieser Zusammensetzung schließt sich die Zellmembran sehr nahe an die Zellmembran des Spinates an. Die Darstellung des Preßsaftes wurde hier unterlassen, man sieht aus den Ergebnissen der Analyse ohne weiteres, daß die Hauptmasse der Pentosen in der Zellmembran steckt, nämlich 73·59 Prozent, der Rest ist demnach jedenfalls zum Teil in gelöster, d. h. auspreßbarer Form vorhanden. Berechnet man die Menge des N-freien Extraktes als Differenz aller anderen bestimmten Teile zu der gesamten organischen Substanz, so bleibt für Zucker und anderweitige N-freie Extrakte nur 26·1 Prozent übrig, während nach König 61·04 Prozent vorhanden sein sollen.

Im Zusammenhang mit den Kohlarten mögen noch ein paar Angaben über Blaukraut und Rosenkohl hier Platz finden.

In 100 Teilen Trockensubstanz hat man:

	N-Gehalt	N-Substanz	Asche	Pentosen
Bei Blaukraut.	2·98	18·62	6·64	9·74
„ Rosenkohl	5·64	35·25	8·89	10·33

Nachdem die Verhältnisse der Zusammensetzung der Blattgemüse und Kohlarten im einzelnen besprochen worden sind, gebe ich in nachstehendem eine Zusammenstellung der Ergebnisse mit Bezug auf Menge und Zusammensetzung der Zellmembranen.

In 100 Teilen Zellmembran sind:

Substanz	Zellmembran in Prozent der Trockensubstanz	Zellulose	Pentosane	Rest	Aschegehalt der Trockensubstanz
Grünkohl . . .	25·9	40·22	26·71	33·07	11·5
Spinat	26·6	40·23	24·42	35·35	16·4
Wirsing . . .	28·5	41·76	23·48	34·76	9·0
Brunnenkresse .	13·5	41·95	15·49	42·56	10·4
Blumenkohl . .	28·5	43·79	22·11	34·10	8·3
Salat	29·7	47·69	20·65	31·66	14·6

Was die Menge der Zellmembranen anlangt, so scheinen die Ergebnisse bis auf eine Ausnahme, sich sehr nahe zu stehen, wobei ich aber doch darauf verweisen muß, daß zwischen den Einzelwerten, wie an

der betreffenden Stelle angegeben wurde, sich nicht unbedeutende Abweichungen zeigten.

Die weitgehende Übereinstimmung mit den Wurzelgewächsen ist aber doch nicht so vollkommen, als die Zahlenergebnisse zu besagen scheinen, denn man darf nicht vergessen, daß Blattgemüse und Kohlarten viel aschereicher sind als die Wurzelgewächse; besonders groß ist der Aschegehalt bei Spinat und Salat; auf organische Substanz bezogen, würde also der Zellmembrangehalt des Salates und Spinates wesentlich sich erhöhen. Die Brunnenkresse fällt ebenso aus dem Rahmen der anderen nahestehenden Gemüse heraus, wie die Schwarzwurzel aus dem Verhältnisse zu den anderen Wurzelgewächsen. In der Zusammensetzung der Zellmembran stimmen die aufgeführten Substanzen sehr nahe überein bis auf die Brunnenkresse mit ihrem etwas niedrigen Pentosangehalt. Man kann auch sagen, daß die Unterschiede zwischen den Wurzelgemüsen (Kartoffel ausgenommen) und Blattgemüsen hier ein ziemlich einheitliches Verhalten zeigt. Keine Zellmembran ist pentosanfrei, bei allen ist der Pentosangehalt (die Kresse ausgenommen) annähernd halb so groß wie der Zellulosegehalt, und die Restsubstanz liegt zwischen diesen Werten.

Man wird sich erinnern, daß in allen Fällen, ausgenommen die Kartoffel, die Hauptmasse der Pentosen in den Zellmembranen enthalten ist. Daher wird ein gewisser Parallelismus zwischen Pentosengehalt und Zellmembrangehalt sich ergeben müssen.

Eine Zusammenstellung der entsprechenden Werte folgt in nachstehender Tabelle.

Substanz	Pentosangehalt in Prozenten	Zellmembran in Prozenten der Trockensubstanz
Brunnenkresse . .	5·03	13·5
Schwarzwurzel . .	5·52	12·5
Kartoffel	6·24	5·6
Rote Rüben . . .	6·84	—
Kohlrüben	8·08	—
Teltower Rüben . .	8·11	—
Salat	8·21	29·7
Gelbe Rüben . . .	8·65	26·4
Spinat	8·86	26·6
Wirsing	9·63	28·5
Blaukraut	9·74	—
Rosenkohl	10·33	—
Meerrettig	10·49	26·4
Grünkohl	10·64	23·9
Blumenkohl . . .	11·33	28·5

Man sieht, daß die beiden auffallenden Ausnahmen mit niedrigem Zellmembrangehalt — Brunnenkresse und Schwarzwurzel — auch Ausnahmen im Pentosengehalt sind, beide enthalten viel weniger Pentosen als alle anderen. Die Kartoffel gehört insofern gar nicht in diese Reihenordnung hinein, als sie ja sehr viel Pentosen, die nicht in der Zellmembran enthalten sind, einschließt. Also ist innerhalb gewisser Grenzen hier der Pentosegehalt auch ein annähernder Maßstab des Zellmembrangehaltes.

Generell kann das nicht gesagt werden, da wir im nächsten Abschnitt über Obst mit einer Gruppe bekannt werden, deren Verhältnisse ganz anders liegen.

Das Resultat der Untersuchung der Blattgemüse inklusive Blumenkohl läßt erkennen, daß ihr Gehalt an Zellmembran ein großer ist.

Die Betrachtung des Nährwertes führt auf Grund dieser Untersuchung also zu anderen Anschauungen. Ohne die Frage der Verdauung hier erledigen zu wollen, ist von vornherein sicher, daß der Nutzwert der Zellmembran für den Organismus ein beschränkter ist. Von den untersuchten Nahrungsmitteln ist nur die Ausnutzung des Wirsings durch meine Experimente am Menschen näher bekannt. Die reichliche Kotbildung (s. S. 197) liegt offen zutage. Leider waren zur Zeit, als ich diese Untersuchungen über die Ausnutzung anstellte, Methoden zur Kotuntersuchung noch nicht bekannt, auch die Natur der Zellmembran völlig unbekannt, so ist damals diese wichtige Seite der Frage unbearbeitet geblieben. Man sieht aber bei einer auch nur oberflächlichen Schätzung, daß ein wesentlicher Teil der Membranen zerlegt worden sein muß, denn die Steigerung der Kotmenge betrug 36·9 g pro Tag, die eingeführte Zellmembran aber schätzungsweise (406 × 0·325) 132 g pro Tag.

Die Verteilung der Pentosen in den Blattgemüsen, in Kohlarten und Blumenkohl zeigt das Gemeinsame, daß die ganz überwiegende Masse der Pentosen in den Zellhüllen enthalten ist. Die gelösten Pentosen entsprechen dem Preßsaft und wohl noch jenem Anteil im Saft, der wegen der Quellungsverhältnisse der zurückbleibenden Substanzen in einem Akte der Auspressung nicht zu erhalten sind. Die Pentosen bestehen meist nur zum kleinen Teil aus Methylverbindungen, nur im Preßsaft wurde mehrfach beobachtet, daß die Methylpentosen etwas reichlicher (etwa im Blumenkohl und Wirsing) auftreten.

Nachdem die Zusammensetzung der üblichen Gemüse, welche in weiterer Verbreitung genossen werden, besprochen worden ist, und sich ergeben hat, daß die Zellmembran einen ganz erheblichen Teil der organischen Substanzen dieser Nahrungsmittel ausmacht, ist damit einerseits die Einschränkung des Begriffes — des N-freien Extraktes möglich

geworden, andererseits aber steht die weitere Entscheidung noch aus —, wie man die Zellmembran vom physiologischen Standpunkt zu bewerten habe. In dieser Hinsicht wird es darauf ankommen, sowohl ihre Resorbierbarkeit an sich einer näheren Untersuchung zu unterziehen, als auch zu prüfen, welche Rückwirkung auf den Verdauungsprozeß die Einführung dieser „holzigen" Masse etwa ausübt. Das sind wichtige allgemeine Fragen, zu deren Lösung es ja nicht nötig sein wird, die zahlreichen Materialien, welche ich untersucht habe, alle in dieser Hinsicht zu prüfen. Die Auswahl einiger Beispiele zeigt glücklicherweise, daß dies zu einem Urteil vorläufig vollkommen genügt, die spätere Weiterführung der Untersuchungen behalte ich mir vor.

Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Obstarten.

Von

Max Rubner.

Obst.

Als letzte Gruppe von Nahrungsmitteln habe ich ein paar Obstsorten untersucht; natürlich böten sich auf diesem Gebiete zur Untersuchung die allerweitesten Möglichkeiten, denn die Zahl der gegessenen Früchte ist eine ganz erstaunliche, schon ihre oberflächliche Betrachtung sagt uns, daß hier die wesentlichsten Unterschiede wie im morphologischen, so auch im chemischen Aufbau vorliegen. Die Jahreszeit war aber zu weit vorgeschritten, um frisches Material aller Art zu erhalten, auch ist die stoffliche Bedeutung der Obstarten, quantitativ vom Standpunkt der Massenernährung betrachtet, eine bescheidene, so daß die meisten Obstarten, auch einheimische, mehr als gelegentliche Genußmittel und Leckerbissen verzehrt werden, als zur Deckung des Stoffbedarfs. Für ein und dieselbe Obstart gibt es eine Menge von Spielarten, deren Eigenart untereinander sie zweifellos verschieden macht, auch wenn das in der üblichen Analysendarstellung nicht zum Ausdruck kommen mag; die einzelne Spielart wieder zeigt die bekannte Veränderung durch das Reifen, womit wie im Geschmack und den sonstigen Genußeigenschaften innere Verschiedenheiten auftreten, die, wie C. Thomas für die Banane dargetan hat, den Verdauungsgrad im höchsten Maße beeinflussen. Somit würde meiner Meinung nach gerade auf diesem Gebiet die Untersuchungen, in größerem Stil unternommen, nicht unwesentliche Ergebnisse versprechen.

Ich konnte mich aber vorläufig aus äußeren Gründen nur auf die Untersuchung der wenigen Obstsorten, die in der Kriegszeit allerdings das Hauptinteresse in Anspruch nehmen, beschränken. Indem ich Äpfel und Birnen zur Untersuchung herausgriff, war das hauptsächlichste Winterobst des Konsums getroffen; freilich ist vorauszusetzen, daß die Ergeb-

nisse ziemlich wandelbar sein dürften, denn man darf wohl annehmen, daß sich die Unterschiede, die sich beim Genusse in der Weichheit fühlbar machen und in dem Gegensatz einer Holzbirne und einer feineren Sorte ihren allbekannten Ausdruck finden, auch in dem Zellmembrangehalt sich wiederspiegeln werden. Außerdem aber wurde festgestellt, daß bei dem Nachreifen (s. König, Bd. II, S. 952) nicht allein eine Zunahme des Zuckers, sondern auch eine Abnahme der Säure und der Rohfaser eintritt. Mir scheint also die Wandelbarkeit der Zellmembran von vornherein recht wahrscheinlich, eine Beschränkung dieser auf die bloße Veränderung der Rohfaser ist kaum anzunehmen. Angaben, aus denen man das Verhalten der Zellmembranen im ganzen ersehen könnte, liegen nicht vor, wohl aber ein paar Untersuchungen über Pentosen. C. Wittmann gibt für Kernobst (frisch) 1·2 Prozent als durchschnittlichen Pentosengehalt an. Die wildwachsenden Sorten sollen mehr Pentosane als die veredelten (s. König, Bd. II, S. 957) enthalten, was darauf schließen lasse, daß durch die Veredelung die Pentosane durch die Hexosane ersetzt werden. Bei Beerenfrüchten scheint der Pentosangehalt mit dem Rohfasergehalt zu steigen und zu fallen. Das sind etwa die wesentlichsten Tatsachen, die mit Bezug auf den Aufbau des Zellgerüstes der Obstarten bekannt sind, einen weiter gehenden Einblick erlauben sie nicht.

Die Äpfel.

Es schien mir daher erwünscht, Untersuchungen nach der Richtung hin anzustellen, die sich in den vorhergehenden Abhandlungen als zweckmäßig und ergebnisreich erwiesen hat. Im allgemeinen hat sich kein Grund gefunden, von der bisherigen Methodik abzugehen. Stets wurden nur die eßbaren Teile untersucht, auf eine Analyse der ganzen Früchte mit Absicht verzichtet.

Äpfel und Birnen wurden von Kernhaus und Schale befreit, dann zerkleinert und von dieser Masse die Analysen ausgeführt. Angaben, welche zum Vergleich mit dem Folgenden dienen könnten, sind mir nicht bekannt. Aus einem Nachtrag bei König (Bd. I, S. 823) ergäbe sich ein Gehalt der Äpfel an Rohfaser von 7·74 Prozent für die fleischigen Teile. Meine Äpfelprobe (November 1915) hatte 13·99 Prozent Trockensubstanz bei nur 1·87 Prozent Asche der letzteren. Der Pentosengehalt betrug 8·03 Prozent (sehr wenig Methylverbindungen) der Trockensubstanz, an Zellulose wurden 6·66 Prozent Reinzellulose der Trockensubstanz bestimmt.

Die Zellmembran wurde in üblicher Weise dargestellt, auch mit Diastasezusatz zuerst verdaut, da man ja mit einem Stärkegehalt mitunter

rechnen muß; die Zellmembran war flockig und an Masse viel geringer als bei den Wurzel- und Blattgemüsen = 11·75 Prozent aschefreie Membran für 100 Teile Trockensubstanz. Sie enthielt 22·35 Prozent Pentosen der (aschefreien) Substanz.

In 100 Teilen trockener Äpfel war:

8·03 Pentosen,
6·66 Reinzellulose,
11·75 Zellmembran asche- und proteinfrei mit 2·55 g Pentosanen.

Hieraus läßt sich die nähere Zusammensetzung der (aschefreien) Zellmembran für 100 Teile angeben, sie enthält:

56·68 Prozent Zellulose,
21·70 ,, Pentosane,
21·62 ,, Rest.

Nur etwas mehr wie der fünfte Teil besteht somit aus nicht näher aufzuteilenden Zellstoffen, nach den Kartoffelschalen ist dies die zellulosereichste Zellmembran.

Da die Äpfelschalen doch bisweilen mit verzehrt werden, so habe ich diese bei der vorher analysierten Probe auch untersucht. Sie wurden, wie sie waren, erst an der Luft getrocknet, zerrieben und nochmals nachgetrocknet, so enthielten sie also noch Reste anhaftenden Fruchtfleisches. Der Aschegehalt betrug 3·10 Prozent der Trockensubstanz. Der Pentosengehalt 9·59 Prozent, er war höher als der des Fruchtfleisches.

Der Zellulosegehalt betrug 12·88 Prozent Reinzellulose, der Pentosengehalt der Rohzellulose war gering. Die Menge der in üblicher Weise festgestellten Zellmembran betrug 21·86 Prozent der Trockensubstanz, beim üblichen Schälen geht also eine große Menge Obstsubstanz offenbar in den Abfall, sonst hätte wohl der Gehalt an Zellmembran größer sein müssen.

Von der Zellmembran wäre noch der Proteingehalt abzuziehen. Ich nehme dafür den bei der Äpfelzellmembran gefundenen Wert, dann bleiben **19·81** g asche- und proteinfreie Zellmembran übrig.

Das verwendete Gemisch Zellmembran und Fruchtfleisch enthielt in 100 Teilen Trockensubstanz:

12·88 Prozent Zellulose,
19·81 ,, Zellmembran mit 3·65 g Pentosanen.

Es treffen also auf 100 Teile aschefreier Zellmembran der Schalen:

65·02 Prozent Zellulose,
18·43 ,, Pentosane,
16·55 ,, auf den Rest.

Der Unterschied der Schalen im Verhältnis zu der Zellmembran des Parenchyms liegt also nach der Richtung, daß die Menge der Zellulose noch weiter ins Übergewicht kommt, relativ treten dann natürlich die beiden anderen Komponenten der Zellmembran zurück. Im Vergleich zur Kartoffelschale ist die Apfelschale reicher an Zellulose und Pentosanen.

Die Untersuchung des Preßsaftes wurde zum Vergleich mit den früheren Experimenten durchgeführt, im übrigen finden sich über die mit Wasser aus den Früchten ausziehbaren Stoffe sehr zahlreiche Analysen bei König, Bd. II, die mit Rücksicht auf die Fruchtsaftbereitung ausgeführt worden sind.

Aus einem Kilo Apfelmasse wurden 630 ccm Saft bei 300 Atm. erhalten. Das Verhältnis der frischen Substanz zum Preßsaft war folgendes:

In 100 Teilen frischer Substanz sind:

	Trockensubstanz	Asche	Organ. Substanz	Pentosen
Frische Äpfel	13·99	0·33	13·66	1·124
Zellmembran, organisch	—	—	2·77	—
Substanz abzüglich Zellmembran	—	—	10·89	—
Preßsaft	7·36	0·27	7·09	0·121
Gesamtmasse zu Preßsaft	52·61%	81·82%	51·83%	10·76%
Organisches, ausschließlich Zellmembran zu Preßsaft	—	—	65·00%	—

Der Preßsaft ist also außerordentlich reich an Salzen, auch nimmt er den größten Teil der organischen Stoffe, die nicht der Zellmembran angehören, auf. Sehr gering ist im Verhältnis dazu der Übergang der Pentosen in den Zellsaft.

Bisher habe ich bei den Wurzelgewächsen und Blattgemüsen nachweisen können, daß der Pentosengehalt wesentlich von den Zellmembranen abhängig ist. Dies ist bei Äpfel nicht der Fall. Nehmen wir die Verteilung der Pentosen vor, so findet sich folgendes:

100 Teile trockener Äpfel enthalten:

Im Apfel selbst		8·03 Pentosen	
In den Zellmembranen	2·97		= 36·9 %
Im Saft	0·86		= 10·76
Anderweitig		4·20	= 52·34

Es finden sich 63·1 Prozent der Pentosen nicht an die Membran gebunden. Die letztere ist also nicht das bestimmende Moment für den

Pentosengehalt, demnach wahrscheinlich, daß Pektinstoffe für diesen Pentosengehalt in Frage kommen.

Die erwartete Wandelbarkeit der Zusammensetzung der Obstsorten, namentlich mit Bezug auf die Zellmembran, ergab die Untersuchung einer zweiten Apfelsorte, es waren absichtlich billige Kochäpfel, etwas fleckig, ausgewählt worden. Sie wurden sorgfältig von den Schalen, Kernhaus und den anormalen braunen Stellen befreit und zerrieben. Die Trockensubstanz war 13·95 Prozent, bei 1·57 Prozent Asche der ersteren. Der Pentosengehalt etwa gleich der der ersten Probe 7·84 Prozent, im übrigen ergaben sich aber manche Unterschiede. Der Zellmembrangehalt war wesentlich höher und betrug auf 100 g Trockensubstanz 17·09 Prozent als organische Substanz gerechnet, letztere enthielt 21·2 Prozent Pentosen = 18·72 Prozent Pentosane. Die proteinfreie Zellmembran betrug 15·49 Prozent. In absoluter Zahl enthielten die Zellmembranen also 3·62 g Pentosen = 3·20 g Pentosan. Ob dieser höhere Gehalt an Zellmembran mit dem Reifezustand zusammenhängt, oder ob er der minderen Beschaffenheit der Ware zu verdanken war, läßt sich nicht sagen.

Von einem Teil der (lichtbraun aussehenden) Zellmembranen wurde eine Zellulosebestimmung ausgeführt, welche pro 100 Teile organischer Zellmembran 36·58 Prozent Reinzellulose lieferte, was, auf die ursprüngliche Trockensubstanz der Äpfel berechnet, 6·25 Prozent ausmacht. Im Zellulosegehalt unterscheiden sich beide Apfelsorten also nicht. Die Zusammensetzung für 100 Teile trockene Äpfel war also:

1·57	Prozent	Asche,
98·43	,,	Organisches,
7·84	,,	Gesamtpentosen,
6·25	,,	asche- und pentosanfreie Zellulose,
15·49	,,	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 3·62 g Pentosen = 3·20 g Pentosan,
0·31	,,	N = 1·92 Prozent Protein,
0·75	,,	Rohfett.

Daraus folgt für die Zusammensetzung der Reinzellmembran:

I. Reihe	II. Reihe vorsteh. Reihe[1]	
56·68	40·35	Reinzellulose
21·70	20·66	Pentosan
21·62	38·99	Rest

[1] Annäherndes Mittel: 48·51 Zellulose,
21·18 Pentosan,
30·31 Rest.

Somit zeigen sich hier also recht erhebliche Schwankungen in der Zusammensetzung; ob damit die vorkommenden Extreme getroffen sind, läßt sich nicht sagen, jedenfalls bedürfte es zur Feststellung von Mittelwerten umfassenderer Untersuchungen.

Eines aber fällt bei der Durchsicht der Zahlen auf, daß nämlich der Zellulosegehalt in beiden Apfelsorten derselbe war; man kann sich also die Vorstellung machen, daß der erste Aufbau dieser Zellmembranen vielleicht im allgemeinen ziemlich ähnlich ist und, wie das auch anderweitig vorausgesetzt werden darf, die reine Zellulose zur Grundlage hat, die dann allmählich durch anderweitige Einlagerung an Masse zunimmt und die Zusammensetzung dadurch verändert. Dies als zutreffend angesehen, wäre dann die Zellmembran der II. Probe als eine wesentlich veränderte anzusehen, denn die Menge der Zellmembran war erheblich größer und außerdem hatte noch die Einlagerung anderer Zellsubstanzen etwa solche der Hemizellulosengruppe stattgefunden.

Auch hier enthielt die Zellmembran nur den kleineren Teil der Gesamtpentosen, nämlich 46·37 Prozent, wenn auch mehr als in der ersten Probe.

Da der Zellulosegehalt der Membranen sehr hoch ist, stellt sich der Einfluß auf die Berechnung der N-freien Stoffe natürlich nicht so erheblich als wie in anderen Fällen, zumal ja der Membrangehalt überhaupt hinter den Wurzelgewächsen und vor allem den Blattgemüsen weit zurücksteht.

Die Zellmembran der Apfelsorte II wurde mit 5 Prozent Kali in der Kälte behandelt, die Lauge, mit Alkohol gefällt, ließ eine bräunliche Substanz ausscheiden, die, wie alle bisher untersuchten Präparate dieser Art weder Zucker noch Pentosenreaktion unmittelbar gab, wohl aber nach kurzem Erhitzen mit ClH.

Von 100 Teilen (aschefrei) Zellmembran blieben 75·5 Teile ungelöst und 24·5 Teile gingen in Lösung. Gelöstes wie Ungelöstes enthielt annähernd den gleichen Gehalt an Pentosen, denn

100 Teile (aschefrei) Zellmembran enthielten	21·20	Pentosen
das Unlösliche (75·5 Teile mit 20·4 Proz. Pentosen)	15·44	,,
das Lösliche	5·76	,,

Daraus berechnet sich für den gelösten Anteil ein Gehalt von 23·5 Prozent Pentosen. Die Äpfelzellmembran verhält sich also wieder anders wie die Zellmembran der Blattgemüse, welche relativ reichlich kalilösliche Substanzen abgab, jedoch solche von geringem Pentosangehalt. Hier ist der letztere dem mittleren Gehalt der ganzen Zellmembran gleich. Diese Verschiedenheiten werden gleich um einen eigenartigen Fall bei den Birnen vermehrt.

Birnen.

Von weiteren Früchten habe ich dann die Birne untersucht, an sich wird ein wesentlicher Unterschied im Aufbau zwischen Äpfeln und Birnen nicht bestehen, wären nicht im letzteren Falle die steinigen Konkremente vorhanden, die hauptsächlich um das Kernhaus herum liegen und als holzartige Substanz angesehen werden. Im Hinblick auf diese Einlagerung war es doch von Interesse, eine Untersuchung vorzunehmen, nur gelingt es zum Teil wegen ihrer Kleinheit in keiner Weise, diese Steinzellen auch nur annähernd quantitativ von den übrigen Bestandteilen zu trennen, sie finden sich nachstehend den „Zellmembranen" zugeteilt. Bei den vielen hundert Sorten von Birnen und dem Wechsel der Bedeutung des Reifezustandes für die Zusammensetzung kann das nachfolgende Ergebnis nur als ein Beispiel angesehen werden, das ungefähr die Richtung weist, in welcher die wesentlichen Unterschiede gegenüber den Äpfeln zu suchen sind.

Die Menge der Trockensubstanz der einen Birnensorte betrug 15·87 Prozent bei 2·11 Prozent Asche der Trockensubstanz, der Pentosengehalt war außergewöhnlich hoch, nämlich 12·30 Prozent der Trockensubstanz, was erheblich über den Wert der Äpfel hinausgeht. Damit steht wohl auch der erhebliche Zellulosegehalt in Zusammenhang, er war 9·44 Prozent (organische) Zellulose, mit einem Gehalt von 24·2 Prozent Pentosen = 21·37 Prozent Pentosanen, woraus sich 7·21 Prozent Reinzellulose ergibt.

Der Zellulosegehalt ist also nicht wesentlich von den Äpfeln verschieden, das Auffällige war aber der enorme Gehalt an Pentosanen, welche die Rohzellulose aufwies. Meist bewegt sich der Pentosengehalt innerhalb einiger Prozente, bei keinem Nahrungsmittel habe ich aber diesen enormen Gehalt an Pentosanen als „Verunreinigung" der Zellulose beobachtet. Es ist naheliegend, diese Pentosane als Bestandteile der Steinzellen anzusehen, welche in dem Birnenfleisch so reichlich vorhanden sind.

Dies wird auch durch die weiteren Analysen bestätigt. Der Gehalt an aschefreier Zellmembran = 25·17 Prozent der Trockensubstanz ist sehr bedeutend und übertrifft die Äpfel fast um das Doppelte. Es ist kaum wahrscheinlich, daß das Parenchym der Birnen einen wesentlich anderen Zellmembrangehalt haben wird, als jenes der Äpfel. Die Zusammensetzung dieser Zellmembran ist ganz anders wie jene der Äpfel, sie enthielt die enorme Menge von 37·72 Prozent Pentosen der Trockensubstanz = 38·22 Prozent Pentosen der organischen Substanz = 33·75 Prozent Pentosane. Die 25·17 g Zellmembran enthielt also 9·62 g Pentosen oder 8·49 Pento-

sane. Die Steinzellen werden vermutlich nicht nur aus Pentosanen bestehen, jedenfalls aber machen diese den größten Teil dieses Gebildes aus. Die Differenzen im Zellmembrangehalt zwischen Birne und Apfel wird zum erheblichen Teil durch diesen Unterschied im Pentosangehalt bedingt.

Die Zusammensetzung von 100 Teilen Birnen sind also

2·11 Prozent Asche,
97·89 „ Organisches,
12·30 „ Pentosen,
7·21 „ asche- und pentosanfreie Zellulose,
24·35 „ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 9·62 g Pentosen = 8·49 g Pentosan.

Die Zellmembran hat daher auch eine völlig abweichende Zusammensetzung, denn 100 Teile organisch liefern:

29·61 Prozent asche- und pentosanfreie Zellulose,
34·86 „ Pentosane,
35·53 „ Rest.

Freilich darf man hier eigentlich nicht von Zellmembran sprechen, ohne sich zu erinnern, daß die Steinzelleneinlagerung die hauptsächlichste Ursache der Verschiedenheit darstellt. Soweit die tägliche Erfahrung lehrt, gehen diese griesigen Massen unverdaut im Darm ab. Die Verteilung der Pentosen verhält sich gegenüber den Äpfeln wesentlich different, denn die Hauptmasse der Pentosen liegt hier in den Steinzellen und Zellmembranen.

In 100 Teilen Birnen sind	12·309 Pentosen	
in der Zellmembran	9·62	= 78·21 Prozent
im Saft und Rest	2·68	

Die Birne kann wieder als schlagendes Beispiel dienen, daß der Gehalt an Zellulose nichts über die Mengen der Zellmembran aussagen kann; einem geringen Gehalt an Zellulose entspricht eine große Menge offenbar schwer verdaulicher anderer Produkte. Man darf wohl vermuten, daß im Bereiche der oben untersuchten Obstsorten nur eine spezielle Untersuchung des Materiales ein entscheidendes Urteil über die Zusammensetzung abgeben kann.

Ich verweise auch nochmals auf das über die Zellulose bei den Äpfeln Gesagte. Die ursprünglich gleichartig gebaute Zellmembran wird späterhin verändert, nur treten hier bei der Birne die Konkremente wesentlich in den Vordergrund und verschieben mit ihrem reichen Pentosangehalt die Zusammensetzung des Zellmembran-Konkrement-Gemisches zugunsten der Pentosane.

Die ganz aus dem Rahmen fallende Zusammensetzung der Birnenzellmembranen läßt es notwendig erscheinen, auch die Löslichkeit in Kali zu prüfen. Die Stoffgemische der Birnenzellmembrane hat nach den Analysenergebnissen manche Ähnlichkeit mit der Kleie.

100 Teile enthalten

bei der Kleie	bei der Zellmembran
29·47 Zellulose	28·64 Zellulose
40·48 Pentosane	32·75 Pentosane
30·05 Rest	37·61 Rest

Morphologisch sind natürlich beide unvergleichbar, denn die Birnenzellmembran besteht aus dem Gemische der wirklichen Zellmembran und den Steinzellen. Von der Birnenzellmembran war außerordentlich wenig in Kali löslich.

81·73 Prozent der aschefreien Substanz waren unlöslich,
18·27 ,, löslich.

Das Unlösliche enthielt 24·26 Prozent der organischen Substanz an Pentosen, daher folgende Aufrechnung:

100 Teile Zellmembran enthalten	32·75 Pentosen
81·75 Teile Unlösliches bei 24·26 Proz. Pentosen	19·83 ,,
18·27 Gelöstes also	12·89 ,,

Das Gemenge gelöster Substanzen enthält demnach 64·36 Prozent Pentosen. Die letzteren sind also hier besonders leicht löslich, wie jene des Birkenholzes oder jene der Kleie. Man wird nicht fehlgehen, wenn man die reichliche Lösung der Pentosane auf den Vorrat an Pentosen bezieht, den die Steinzellen darstellen.

Zum Vergleich mit der eben untersuchten grünen Eßbirne wurde noch eine feinere Sorte, die unter dem Namen Amorette verkauft wurde, untersucht. Es war eine völlig reife, höchst saftige Birne. Da über die Analyse hier nichts weiter zu sagen ist, gebe ich gleich die Zusammensetzung für 100 Teile Trockensubstanz (die frische hatte 12·59 Prozent Trockensubstanz).

0·87 Prozent Asche,
99·13 ,, Organisches,
12·40 ,, Gesamtpentosen,
6·79 ,, asche- und pentosefreie Zellulose,
19·22 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 7·00 g Pentosen = 6·79 g Pentosane,
0·26 ,, N = 1·62 Prozent Protein.

Daraus ergibt sich für die asche- und proteinfreie Zellmembran:

35·33 Prozent Zellulose,
32·68 ,, Pentosane,
31·99 ,, Rest.

Von den Pentosen waren 57·42 Prozent in der Zellmembran.

Da in dieser feinen Sorte die Steinzellen wesentlich, wenigstens nach dem Eindruck beim Essen beurteilt, zurücktreten, nimmt auch die Zellmembran eine andere Zusammensetzung an. Die Zellulose tritt mehr hervor. Im Verhältnis zu den Äpfeln ist der Unterschied immer noch groß, was den Zellulosegehalt anlangt, als ungefähres Maß zwischen Äpfel und Birnen mögen die Mittelwerte je aus den beiden Analysen gelten:

100 Teile Zellmembran enthalten:

	Äpfel	Birnen
Zellulose	48·51	32·47
Pentosane	21·18	33·77
Rest	30·31	33·60

Der naheliegende Gedanke, durch die Analyse der Birnenhaut den Unterschied, der durch die Steinzellen bedingt ist, zum Ausdruck zu bringen, ist praktisch unausführbar, da eine Schicht Steinzellen mit der Oberhaut der Birne fest und untrennbar verwachsen ist.

Die Zusammensetzung der Haselnußkerne.

Im Anschluß an diese Untersuchungen wäre es notwendig gewesen, die bei uns als Volksnahrung neben den Äpfeln und Birnen bedeutungsvollen Kirschen und Pflaumenarten heranzuziehen, da damit erst die wichtigsten Obstarten besprochen wären; technisch war es mir unmöglich zur Zeit der Obsternte die Analysen so weit auszudehnen, als wünschenswert gewesen wäre.

Unter den Früchten spielen eine Reihe von ölhaltigen Samen eine gewisse Rolle, wennschon ihre Bedeutung für die Massenernährung nur ungenau zu übersehen ist. Von den bei uns gegessenen Nußarten sind die wichtigsten die Haselnüsse, Walnüsse, Mandeln, Paranüsse. Sie haben wegen des hohen Fettgehaltes einen beträchtlichen Nährwert. Auf die Trockensubstanz berechnet, beträgt der Fettgehalt:

Bei den Haselnüssen . . . . 67·3 %
,, ,, Walnüssen . . . . 63·00 %
,, ,, Mandeln . . . . 56·67 %
,, ,, Paranüssen . . . . 71·87 %

Da die Nüsse auch im reifen Zustande nicht sehr wasserhaltig sind, stehen sie zweifellos anderem vegetabilischen Material durch diesen Fettgehalt im Nährwert voran. Die Art der vorkommenden Fette ist nur unvollkommen untersucht. Ich habe zu den nachfolgenden Experimenten Haselnüsse benutzt, das dabei gewonnene Fett war von schön goldgelber Farbe, erinnerte im Geruch an die Nüsse; es ist nicht ganz leicht zu extrahieren, löst sich in heißem Alkohol gut, braucht aber eine gründliche Extraktion mit Äther, um aus den trockenen Nüssen entfernt zu werden. Es enthält im wesentlichen Triglyceride der Öl-, Stearin und Palmitinsäure und gilt als feines Speiseöl. Das Walnußöl besteht vorwiegend aus den Triglyzeriden der Öl-, Myristin-, Laurin- und Leinölsäure, findet auch technisch Verwendung. Mandelöl besteht fast ausschließlich aus Triolein, das Paranußöl enthält die Tryglyzeride der Öl-, Stearin- und Palmitinsäure, erstarrt leichter als die oben genannten.

Die Kerne der Nüsse sind im allgemeinen hart, sie haben keine Neigung im Speichel zu quellen, geben also ein sandiges Gefühl, die Nußteilchen klemmen sich leicht zwischen die Zähne und bleiben da liegen, bis sie mechanisch entfernt werden. Aus dem Munde gelangt daher mehr oder minder ungenügend zerkleinertes Material in den Magen, es finden sich Nußpartikelchen häufig auch noch in den Abgängen. Ich möchte aber solch vereinzeltem Vorkommen hinsichtlich der Beurteilung des Verdauungswertes keine besondere Bedeutung im allgemeinen und namentlich nicht bei sehr fetthaltigen Nahrungsmitteln einräumen, da in letzterem Fall und wenn einzelne Teile vor dem Genuß sehr ausgetrocknet waren, das Fett das Eindringen der Verdauungssäfte hindert. So ist es z. B. selbst beim Fleische, das doch tadellos resorbiert wird; die äußere Bratenkruste kann auch da durch das Einschmelzen von Fett in die Fleischsubstanz unresorbierbar werden. Für meine Experimente habe ich Haselnüsse, die seit Herbst 1915 bis Februar 1916 gelagert hatten, benützt. Die Kerne wurden von der Außenschale befreit, indem sie in Wasser gelegt wurden, dann ließ sich die Haut, die mitunter in kleinen Anteilen, weil man die Nüsse bei der Mahlzeit nicht immer sorgfältig schält, mitgegessen wird, leicht abziehen. Darauf wurde das Material gründlich zerkleinert. Es ist auffallend, wie wenig eingehend diese ölgebenden Samen überhaupt bisher untersucht worden sind. In Königs Zusammenstellung finden sich von Haselnüssen nur zwei Analysen aufgeführt. Sie berechnen auf 100 Teile Trockensubstanz (Bd. II, S. 801) der Nüsse

18·9 Prozent Protein,
67·3 ,, Fett,
7·8 ,, N-freie Extrakte,

3·4 Prozent Rohfaser,
2·7 ,, Asche.

Das von mir verwendete Material zeigt folgende Zusammensetzung: In 100 Teilen Trockensubstanz der Haselnüsse sind enthalten:

2·57 Prozent Asche,
97·42 ,, Organisch,
2·62 ,, Pentosen = 2·31 Prozent Pentosane,
2·02 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
6·38 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 1·77 g Pentose = 1·58 g Pentosan,
3·11 ,, N = 19·44 Protein,
65·72 ,, Fett.

Die Haselnüsse sind wie viele andere ölhaltige Samen sehr arm an Asche. Auffallend gering ist auch der Gehalt an Pentosen, der hohe Fettgehalt des Materiales erschwert manche Analysen erheblich. Für manche Fälle ist es besser, von der entfetteten Substanz bei der Analyse auszugehen.

Die Eiweißstoffe der Haselnuß lassen sich großenteils durch verschiedene Reagenzien lösen, ich habe aber kein Reagens gefunden, das eine starke Quellung hervorrufen würde. Bei einer orientierenden Untersuchung fand ich, daß etwa 31 Prozent in 10 Prozent Kochsalzlösung aufnehmbar sind, weit mehr löst sich in 5 Prozent Kalilösung (66 Prozent) und in konzentriertem Harnstoff (62 Prozent), in letztem Falle wird das Material ziemlich weich und durchscheinend. Durch Verdauung mit 2 Prozent Sodalösung und Glyzerinextrakt des Pankreas löste sich der größte Teil (87·6 Prozent). Es ist möglich, daß bei dem geringen Reste vielleicht das Fett die Aufspaltung gehemmt hat.

Die Menge der Zellmembran ist gering, nicht größer, eher geringer als die Zellmembran im Vollkornbrot. Die Pentosen sind nicht restlos in der Zellmembran enthalten, sondern nur 67·6 Prozent. Für die Zusammensetzung der Zellmembran ergibt sich in 100 Teilen:

31·66 Zellulose,
24·46 Pentosen,
43·88 Restsubstanzen.

Führt man eine Aufrechnung der Analyse durch, so reduziert sich die Menge der N-freien Extrakte auf ein paar Prozente. Freie Pentose + Zellmembran + Protein + Fett geben 92·2 Teile organische Substanz, während durch die Aschebestimmung 97·4 Teile festgestellt wurden, somit könnte nur 5·2 Prozent noch unter die Gruppe der N-freien Extrakte fallen.

Die Zusammensetzung der Schalen und Kerne einiger Früchte.

Wie außerordentlich wertvoll Kerne sein können, dafür gibt die Zusammensetzung der Haselnüsse ein treffendes Beispiel; nicht überall, wo sich auch solch wertvoller Kerngehalt findet, ist er für uns praktisch zugängig. Bei vielen der gebräuchlichsten Obstarten gelten erfahrungsgemäß die Kerne nicht als Nährmaterial, werden daher meist gar nicht mit gegessen, zumal größere Kerne im Darm gefährlich werden können. Bei Äpfel, Birnen, Pflaumen und Kirschen und ähnlichen werden die Kerne meist gar nicht verzehrt, ebensowenig wird man Apfelsinen, Zitronen und Mandarinenkerne essen. Sobald aber die Kerne klein sind, wie bei Erdbeeren, Stachelbeeren, Johannisbeeren usw. fällt die Möglichkeit der Abscheidung durch die Zunge weg, sie gelangen dann in den Darm und werden, wie die tägliche Beobachtung lehrt, wieder ausgeschieden. Wenn solche Kerne in ihrem Innern auch nährende Bestandteile enthalten, so hindert doch die derbe Umhüllung die Möglichkeit der Verdaulichkeit. Nähere Untersuchungen über dieses Material anzustellen, schien mir vorläufig ohne besondere Bedeutung.

Während viele dieser Kerne nach Öffnung der harten oder lederartigen Schale doch genießbare Teile einschließen, die reich an Eiweiß und Fett sind, besteht bei anderen der Kern aus einem hornartig verhärteten Material, aus Kohlehydraten, die bei der Keimung wieder aufgelöst werden.

Dattelkerne.

Es hat im Zusammenhang mit anderen Fragen Interesse einige solcher harten Kerne in ihrer Zusammensetzung kennen zu lernen. Untersucht habe ich Dattelkerne. Für letztere findet sich bei König (Bd. II, S. 959) eine Analyse angegeben. Die untersuchte Probe enthielt 7·7 g Wasser. Auf 100 Teile Trockensubstanz kommen:

5·53 g Protein,
9·70 ,, Fett,
57·50 ,, N-freie Extrakte,
26·07 ,, Rohfaser,
1·13 ,, Asche.

Als Ausgangsmaterial benutzte ich Dattelkerne, welche sorgfältig vom Keim und der Oberhaut befreit waren, sie wurden dann getrocknet und zu einem Pulver, das rotbraune Farbe hatte, zerkleinert. Das Material wurde in der schon mehrfach geschilderten Weise analysiert. Das Ergebnis enthält folgende Tabelle:

In 100 Teilen Trockensubstanz der Dattelkerne ist enthalten:

1·0 Asche,
99·0 Organisches,
5·92 Pentosen = 5·22 Prozent Pentosane,
49·23 asche- und pentosanfreie Zellulose,
68·63 asche- und proteinfreie Zellmembran mit 2·21 Pentosen = 1·96 Pentosan,
1·77 N = 11·05 Prozent Protein,
7·90 Fett.

100 Teile Zellmembran enthalten:

71·73 g Zellulose,
2·85 „ Pentosan,
25·42 „ Rest.

Zunächst fällt hier die enorme Aschearmut des Kernes auf. Die Pflanzen bedürfen also zur Härtung von Gewebsbestandteilen keiner Mineralien, so etwa, wie Kalk und Magnesia, auch Kieselsäure von Tieren, zur Bildung von Gerüstsubstanzen verwendet wird; die Menge der Zellulose ist sehr bedeutend. Bei ihrer Darstellung wurde bemerkt, daß nach der Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salzsäure und dem Auswaschen mit Wasser die Masse bei Berührung mit der Luft gelbbraun wurde, worauf sich diese Substanz im Wasser auflöste. Der Pentosegehalt ist ziemlich gering. Die Menge der Zellmembran beträgt 68·6 Prozent, d. h. weniger, als man nach dem hohen Zellulosegehalt erwarten sollte. In der Zellmembran sind aber nur 37·3 Prozent der Gesamtpentosen enthalten. Dies dürfte mit folgender Erscheinung zusammenhängen. Wenn man die Dattelkerne vollkommen entfettet, so löst destilliertes Wasser einen erheblichen Anteil mit brauner Farbe auf, die Lösung gibt Trommers und Pentosereaktion. Fett oder wachsartige Substanzen scheinen unter natürlichen Verhältnissen die Auflösung dieser Körper zu hindern. Weitere Untersuchungen wurden unmöglich gemacht, da plötzlich weiteres Material nicht erhältlich war. Die Zusammensetzung der Zellmembran zeichnet sich also durch hohe Zellulose und äußerst geringen Pentosangehalt aus. Berechnet man sämtliche näher bestimmten Substanzen zusammen, so erhält man:

68·63 g Zellmembran,
11·05 „ Protein,
7·90 „ Fett,
5·71 „ Pentosen (exkl. des Pentosan der Zellmembran),
= 93·29 g

Gefunden wurde 99·0 g organische Substanz
— 93·3

also treffen 5·7 g etwa auf N-freie Extrakte, vorausgesetzt, daß nicht auch Substanzen vorkommen, welche einer anderen Nährstoffgruppe zugehören. Die Menge der N-freien Extrakte ist also statt wie bisher mit 57·5 Prozent der Dattelkerne nur mit 5·7 Prozent anzunehmen.

Kaffeebohnen.

Die Kaffeebohnen sind die Samenkerne des Kaffeebaumes, sie haben frisch Ähnlichkeit mit unserer Kirsche und sind fleischig. Im Innern liegen die abgeplatteten Kerne, die Hauptmasse besteht aus Nährgewebe (Endosperm).

Im rohen Kaffee sind 2·53 Prozent Proteinstoffe.[1] Der Fettgehalt schwankt zwischen 12 bis 15 Prozent. Nach E. Schulze und Maxwell[2] enthalten die Kaffeebohnen die Anhydride verschiedener Zuckerarten, wie Galaktan, Mannan, Pentosan. Der mit Alkohol ausgezogene Rückstand der Kaffeebohnen hat 6·7 Prozent Pentosan. Warnier gibt für rohen Kaffee 5·08 Prozent, für gebrannten 2·8 Prozent Pentosan an. Vom Kaffee gelangt nur ausnahmsweise und selten ein Teil des Bohnenmateriales in den Darm, doch ist da, wo die Kaffeemaschine sich noch nicht eingebürgert hat, mit dem Verschlucken von Kaffeesatz wohl zu rechnen; soweit man es durch Untersuchung des Kotes beurteilen kann, scheinen die Kaffeeteilchen unresorbiert den Darm zu verlassen. Ich habe rohen Kaffee fein gepulvert mit sehr großen Mengen lauen, dann heißem Wasser erschöpft, dann mit Alkohol ausgekocht, hierauf mit Äther, dann 24 Stunden mit Chloralhydrat stehen lassen, dann 1 Stunde ausgekocht, mit Chloralhydrat gewaschen, dann nochmals mit Alkohol und Äther ausgekocht. Das Protein war nicht zu entfernen gewesen, auf asche- und proteinfreie Substanz gerechnet, enthält die Zellmembran des Kaffees in 100 Teilen

45·15 Prozent Reinzellulose,
6·59 „ Pentosan,
48·26 „ Restsubstanz.

Wie bei den Dattelkernen ist der Pentosangehalt gering, aber der Zellulosegehalt viel geringer als bei ersteren.

Die Schalen der fleischigen Früchte werden von vielen Personen mit verzehrt, in der Meinung, daß sie damit einen sehr wesentlichen, der Gesundheit förderlichen Teil des Obstes aufnehmen. Das Mitgenießen der

[1] König, Bd. II. S. 1075.

[2] *Zeitschrift für physiol. Chemie.* Bd. XIV. S. 257.

Schalen ist beim Obst unabweislich, wo es sich um kleinbeerige Früchte handelt, bei denen Schalen überhaupt die größere Masse des Eßbaren ausmachen; hier lassen sich dann vielfach auch die Kerne nicht mehr trennen, wie bei den Preiselbeeren, den Johannisbeeren usw. Man darf wohl annehmen, daß dieses Material Ähnlichkeit mit der Apfelschale haben werde, über deren Zusammensetzung ich schon Angaben gemacht habe. Ganz einwandfreie Resultate sind kaum zu erhalten, da den Schalen dieser Art stets mehr oder weniger Fruchtfleisch anhängt, das man schon bei den Äpfelschalen nicht mit Sicherheit entfernen kann.

Eine andere Art von Schalen sind die Apfelsinen und Zitronenschalen.

Die Apfelsinenschalen gehören in der Regel zu den nicht eßbaren Abfällen dieser Südfrüchte. Die dicke Fruchtschale besteht aus der dünnen äußeren gelben Schicht, der weißen schwammigen Schicht darunter, von den Schalen zweigen die dünnen Flächen ab, die wieder zu einem weißen schwammigen Mittelsäulchen führen, in diesen Fächern liegt in saurem Fruchtfleisch der Kern. In manchen Fällen wird die eigentliche Schale, die wir abzutrennen pflegen, mit Zucker konserviert und als Zitronat oder Orangeat in den Handel gebracht, so von der Zitrone (Cidrus medica macrocarpa) und manche Apfelsinenarten. Cortex fructus Aurantii ist in einigen Pharmakopöen offizinell.

Die von mir untersuchten Apfelsinenschalen waren ziemlich arm an Asche (4·79 Prozent der Trockensubstanz), aber reich an Pentosanen (15·91 Prozent), dadurch unterschieden sie sich von den harten Kernen, deren Zusammensetzung ich vorher angeführt habe. Zur Herstellung der Zellmembran wurde erst mit Äther der Farbstoff und das Öl weggebracht, dann getrocknet, mit Wasser extrahiert, dann mit kochendem Alkohol und Chloralhydrat. Die Zusammensetzung der Zellmembran war folgende:

100 Teile enthalten:

52·88	Prozent	Zellulose,
27·82	,,	Pentosane,
19·30	,,	Restsubstanz.

Nußschalen.

Von Schalen, die noch Interesse für die Analyse haben können, schienen mir die Nußschalen die charakteristischsten. Sie präsentieren wenigstens eine wohlbekannte Umhüllung mancher ölhaltigen Kerne und zeichnen sich durch ihre außergewöhnliche Härte aus. Ich habe nur die äußeren Schalen, aber nicht die den Kernen aufliegende feine Schalenhaut

untersucht, sie bestehen nicht nur aus Zellmembranmassen, sondern schließen auch noch andere Bestandteile ein. Die Zusammensetzung war folgende:

100 Teile Trockensubstanz enthalten:

1·36	Prozent	Asche,
98·64	,,	Organisches,
32·88	,,	Pentosen = 29·02 Prozent Pentosan,
36·68	,,	Reinzellulose,
97·09	,,	Reinzellmembran,
0·19	,,	N = (1·187 Protein?),
0·36	,,	Fett.

Hieraus kann man für die eigentliche Zellmembran für 100 g Trockensubstanz ableiten:

37·77	Prozent	Zellulose,
29·88	,,	Pentosane,
32·35	,,	Restsubstanz.

Über die Verdaulichkeit der Zellmembranen des Spinates.

Von

Max Rubner.

I.

Im nachfolgenden habe ich mir die Aufgabe gestellt, die Zellmembranen eines der Blattgemüse einer näheren Untersuchung hinsichtlich der Resorptionsfähigkeit zu unterziehen. In meinen früheren Experimenten am Menschen habe ich aus dieser Gruppe den Wirsing herausgegriffen. Mit Rücksicht auf die außerordentlich weite Verbreitung des Spinates als Gemüse schien es mir angemessen, die Zellmembranen des letzteren als Beispiel dieser Nahrungsgruppe für die Tierversuche zu wählen, auch soll er eine besonders leicht resorbierbare Zellulose führen. Man spricht sehr gern von der jungen unverholzten Zellulose solcher Gewächse, wobei man voraussetzt, daß die Zellmembranbestandteile von anderer Mischung seien, wie in älteren Gewächsen. Es ist mir zweifelhaft geworden, ob derartige immer wieder reproduzierte Behauptungen wirklich eine besondere Begründung haben. Meine Untersuchungen haben in dieser Hinsicht dargetan, daß der Spinat keinerlei besondere auffällige Abweichung in der Zusammensetzung seiner Zellmembran erkennen läßt, welche etwa in einem Zurücktreten der Pentosane oder den Restsubstanzen bestände. In 100 Teilen Zellmembran sind:

40·23 Prozent Zellulose,
24·42 ,, Pentosane,
35·25 ,, Restsubstanzen.

Die Menge der Zellmembran ist beim Spinat, wenn man den hohen Aschegehalt betrachtet, erheblicher als bei manchen anderen Blatt- und selbst bei manchen Wurzelgewächsen.

Die „Natur" der Zellmembranen, soweit die chemische Zusammensetzung in Betracht kommt, gibt also keinen Anlaß, eine spezifische Besonderheit im biologischen Verhalten anzunehmen, freilich bedeutet der chemische Aufbau noch nicht, daß auch die morphologischen Verhältnisse bei allen Zellmembranen gleicher Zusammensetzung dieselben sein werden und von ihnen ist gewiß das Resorptionsvermögen mit abhängig, daher bleibt vorläufig die Notwendigkeit des direkten Experimentes unabweislich.

Der einzige einwandfreie Versuch, bei welchem die Zelluloseausscheidung nach Salatfütterung untersucht wurde, ist der von Knieriem ausgeführte[1], der aber eine Resorption von 25·32 Prozent und einen Verlust von 74·68 Prozent ergab, was nach den bereits von mir vorgelegten Ergebnissen gar nichts Absonderliches wäre, da selbst bei Birkenholz in meinen Versuchen eine noch günstigere Ausnutzung erzielt wurde.

Bei der Beurteilung der Verdaulichkeit der Gemüse spielen zweifellos beim Mangel an wirklichen Tatsachen die Meinungen und populären Anschauungen noch eine große Rolle. Die letzteren sind besonders trügerisch, wo der Laie ohne Kenntnis des wahren Gehaltes der Speisen an Nahrungsstoffen sein Urteil über die Ausscheidungen fällt, da wird selbstverständlich der Spinat bei dem großen Wassergehalt der genossenen Speise und der feineren Verarbeitung nie Anlaß zu einer Belastung des Darmes überhaupt geben. Man darf nicht vergessen, daß die Verdaulichkeit auch von der Zerkleinerung beim Essen oder bei der Zubereitung bis zu einem gewissen Grade wenigstens abhängig ist, in dieser Hinsicht haben die blätterigen Teile natürlich viel vor den Stengeln und Knollen voraus, denn das Blatt ist seiner Natur nach ein morphologisches Gebilde, das vor allem wenig Dicke und Zusammenhang besitzt und schon deshalb leicht in Stücke zerlegt wird, die der Verdauung keine oder doch weniger Hindernisse bereiten und für sie eine bessere Angriffsfläche bieten, als andere massigere und fleischigere Gebilde.

Als Nahrungsmittel ist von dem Spinat dessen hoher Gehalt an Protein bemerkenswert, der aber auch vom Rosenkohl erreicht werden kann. Die Frage der N-Resorption gehört freilich nicht in den Rahmen der nachfolgenden Untersuchung, steht aber doch in einigem Zusammenhang.

Dem großen Reichtum des Spinates an Protein steht als weniger günstig eine bei Untersuchung der Zellmembranen gemachte Beobachtung gegenüber. Alle, auf verschiedene Art und recht zahlreich hergestellten Zellmembranen aus Spinat konnten niemals eiweißfrei gewonnen werden,

---

[1] *Zeitschrift für Biologie.* 1885. Bd. XXI. S. 73.

auch bei Eingriffen, die mit Rücksicht auf die Erhaltung der ursprünglichen Eigenschaften der Zellmembran nicht wohl anwendbar und stark eingreifend waren, war die Beseitigung des Eiweißes nicht gelungen. Daher wird mit Bezug auf die Resorptionsfähigkeit des Spinatproteins ein Versuch mit den Zellmembranen nicht ohne Bedeutung sein.

Mit Bezug auf die bisher eingeschlagene Methodik wünschte ich einen möglichst zutreffenden Vergleich der Resorption der Spinatzellmembran mit dem bisher untersuchten anderen Materiale zu erhalten, und ich unternahm daher die Verfütterung am Hund unter denselben Bedingungen wie die Birkenholzmehle und die Kleiezellmembranen bisher untersucht worden sind. Das Versuchstier sollte zu täglich 1000 g Fleisch eine ausreichende Menge der Zellmembran erhalten.

Zu einem Versuche mit Spinat wurde der letztere zuerst mit Diastase 24 Stunden verdaut, dann mit lauwarmem Wasser, später mit heißem Wasser angezogen, d. h. immer wieder aufgerührt und im Koliertuch ausgepreßt und so schließlich ein Präparat erhalten, das im Extraktionsapparat so lange mit heißem Alkohol ausgezogen wurde, bis keine grüne Farbe mehr erkennbar war. Die Massenverarbeitung war ziemlich mühsam, das Produkt feinflockig. Als reine Zellmembran ließ es sich zwar noch nicht ansehen, doch enthielt es gewiß nur wenig fremde Stoffe. Die Extraktion mit Chloralhydrat wurde für die große Masse aus äußeren Gründen unterlassen. Über 12 Pfund Spinat waren in der angegebenen Weise verarbeitet, jedoch schließlich nur Material für zwei Versuchstage erhalten worden; der Wassergehalt des käuflichen Spinates ist sehr schwankend und war in diesem Fall besonders groß gewesen. Der Spinat war übrigens genau so zugerichtet, wie es für die Küche geschieht, die Abfälle lassen sich im voraus nicht sicher berechnen, sie waren offenbar erheblich. Dem Fleische beigemengt, fraß der Hund die Masse des Gemisches ebenso gierig als wenn es reines Fleisch gewesen wäre. Der entleerte Versuchskot war von mäßiger Konsistenz, eher weich, und ließ die erhebliche Beimengung der vegetabilischen Masse ohne weiteres nicht erkennen, zerfiel beim Pulvern in ein feines Gemisch, das keiner der anderen Kotsorten glich. Die Analysen wurden genau wie in anderen Versuchsreihen ausgeführt.

Die Zusammensetzung des verfütterten Spinatpräparates war für 100 Teile Trockensubstanz:

9·61 Prozent Asche,
90·39 ,, Organisches,
60·24 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 13·32 g Pentosen = 11·74 Prozent Pentosane,
24·28 ,, Zellulose, asche- und pentosanfrei,

4·08 Prozent N = 25·50 Rohprotein,
13·56 ,, Pentosen = 11·97 Prozent Pentosan,
0·27 ,, Ätherextrakt.

Die eigentliche Zellmembran machte von dem Präparate rund 60 Prozent aus, das beruht auf dem erheblichen Asche- und Proteingehalt. Sie wich in ihrer Zusammensetzung nur im Pentosangehalt etwas von dem Mittel der früheren Analysen ab. 100 Teile gaben:

40·30 Prozent Zellulose,
19·49 ,, Pentosan,
40·24 ,, Rest.

Wenn man bedenkt, daß die Pentosane Einlagerungen sind, die mit dem Alter der Zellmembran Schwankungen unterliegen, haben Abweichungen in dieser Richtung nichts Auffälliges. Während der frische Spinat Pentosen enthält, welche in den Preßsaft übergehen, sind hier alle Pentosen in der Zellmembran enthalten; die geringen Differenzen zwischen Gesamtpentose und Pentosen in der Zellmembran beruhen möglicherweise auf kleinen Differenzen in der Zusammensetzung des Analysenmateriales. Man sieht ferner, daß durch das Auswaschen die Proteinstoffe offenbar nur zum kleinen Teil zu entfernen sind, wie ich das übrigens schon früher hervorgehoben habe. Von dem 25·5 g Rohprotein waren nach der Darstellung der reinen Zellmembran mit Chloralhydrat immer noch 14·87 g hinterblieben. Entweder bestehen diese also aus einem in Chloralhydrat unlöslichen Eiweiß, oder sie sind in den Pflanzenzellen selbst so eingeschlossen, wie die Kleberstoffe in der Kleie. An zwei aufeinanderfolgenden Tagen wurden je 53·60 g Trockensubstanz dieses Spinatpräparates verfüttert, abgegrenzt wurde mit Knochenkot. In der Tagesration waren enthalten:

5·15 g Asche,
48·50 ,, Organisches,
32·78 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 7·13 g Pentosen = 6·29 g Pentosane,
13·01 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
2·59 ,, N = 13·66 Protein,
7·27 ,, Gesamtpentosen = 6·42 g Pentosan,
0·14 ,, Fett.

Die Menge der organischen Stoffe war für 100 Teile = 90·39 g; addiert man alle analytisch festgestellten Stoffe, so ergibt sich rund 86·0 g Substanz, die Differenz trifft auf die in Äther und heißem Alkohol löslichen Stoffe.

Die Zusammensetzung der Ausscheidungen pro 100 Teile des Kotes war:

37·16 Prozent Asche,
62·84 ,, Organisches,
28·80 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 2·42 g Pentosanen,
14·12 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
3·02 ,, N,
5·94 ,, Gesamtpentosen = 5·24 g Pentosan,
1·50 g Fett.

Daraus folgt als tägliche Ausscheidung:

64·84 g trockener Kot,
25·58 ,, Asche,
39·26 ,, Organisches,
18·69 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 1·99 g Pentosan,
9·15 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
1·98 ,, N,
3·85 ,, Gesamtpentosen = 3·40 g Pentosan,
0·97 ,, Fett.

Die Resorbierbarkeit der einzelnen Bestandteile des Kotes läßt sich aus den Analysen nunmehr leicht ableiten. Zum Vergleich muß darauf verwiesen sein, daß der Hund pro Tag an reinem Fleischkot ausgeschieden hat:

10·38 g organische Substanz,
1·093 ,, N,
0·129 ,, Pentosen.

II.

Will man zuerst einen Überblick über die Gesamtresorption geben, so geschieht dies am besten an der Hand des Verbrennungswertes der Ein- und Ausfuhr. Die gefütterte Spinatmasse hatte pro 1 g trocken 3·957 kg-cal. an Verbrennungswärme gegeben, so daß in der Tagesration (53·6 × 3·957) 212·09 kg-cal. enthalten waren.

Der entleerte Kot lieferte pro 1 g trocken 2·748 kg-cal, somit die Tagesration (64·8 × 2·748) = 178·1; da aber durch die Fleischfütterung allein 67·7 kg-cal. zu Verlust gegangen wären, treffen auf den vegetabilischen Anteil = 110·4 kg-cal. Überschuß. Diese stellen, mit der Einnahme verglichen, 52·05 Prozent Verlust an Energie dar.

Bei der Weizenkleie war der Verlust in gleicher Weise berechnet 60·4 Prozent. Das bedeutet aber nur, daß die Gesamtheit der gefütterten

Spinatmasse soviel an resorbierbaren Teilen liefert, nicht gerade die reine Zellmembran als solche. Die Größe der Resorption an Nährstoffen bewegt sich innerhalb der Grenzen, wie ich sie auch für das Birkenholzmehl und die Kleie nachgewiesen habe.

Betrachtet man die N-Ausscheidung, so steht — abgesehen von Fleisch — einer Zufuhr von 2·59 g N, eine Ausfuhr von 1·98 g gegenüber, freilich wäre auch bei Fleischfütterung allein 1·09 g N zu erwarten gewesen. Für den Fall, daß die gefütterte Substanz die Kotbildung und N-Ausscheidung aus Darmsäften nicht angeregt hat, sind also 1·98 —1 ·09 = 0·89 N aus der Spinatsubstanz = 34·36 Prozent der Eiweißsubstanz des Spinates zu Verlust gegangen. Das ist ziemlich viel, denn ich habe zuerst bewiesen, daß pflanzliche Eiweißstoffe, wenn sie nur freiliegen, recht befriedigend resorbiert werden, die Kleberstoffe z. B. nur mit einem Verlust von etwa 5 Prozent. Im vorliegenden Falle kann ich aber auch angeben, wieviel Protein zum mindesten noch in den Zellen des Spinates, die im Kote austreten, enthalten war. Auf 100 Teile trockenen Kotes trafen 1·37 g N = 8·56 g Protein, welches in der mit Chloralhydrat ausgezogenen Zellmembran sich fand, also in 64·8 g trockenem Kot pro Tag = 0·888 g N, d. h. genau so viel, als ich oben durch die Differenzberechnung gefunden hatte. Für den Kleie-N hatte ich 31·8 Prozent als Verlust gefunden, was mit obigem Wert sehr nahe übereinstimmt. Man könnte also mit einer Resorption von 65·6 Prozent der N-haltigen Stoffe rechnen. Der wirkliche Wert des resorbierten Proteins ist aber wohl noch etwas kleiner, da man ja bei den N-haltigen Stoffen der Gemüse im allgemeinen und des Spinates im besonderen mit der Anwesenheit amidartiger Substanzen rechnen muß, deren Resorption natürlich ohne jede Schwierigkeit erfolgt, deren Nährwert aber völlig zweifelhaft ist. Das Protein steckt also in uneröffneten Zellen oder haftet der Zellwand sehr fest an. In den Verband der Zellwand selbst scheinen bei Pflanzen nennenswerte Mengen von Protein nicht einzutreten, einige äußerst feste Zellmembranen, die ich untersucht habe, enthalten nur Spuren von N. Die Resorption des Proteins stellt natürlich nur einen Teil der aufgenommenen Masse der gefütterten Substanz dar.

III.

Das Hauptinteresse konzentriert sich auf die Verhältnisse der Umwandlung und Ausnützung der Zellmembranen im eigentlichen Sinne. Die prozentigen Verluste der wesentlichen Stoffe sind an der Hand der Tabelle leicht festzustellen, wir haben als Verlust:

52·95 Prozent an Pentosen insgesamt,
31·63 „ an Pentosen, die in der Zellmembran abgelagert waren,
57·02 „ an Zellmembran überhaupt,
70·33 „ an Zellulose,
56·01 „ der Restsubstanzen.

Die Pentosen sind also im ganzen zweifellos günstiger ausgenützt wie die anderen Bestandteile. Während im gefütterten Material die Pentosen nur als Pentosane in der Zellwand vorhanden waren, zeigt sich im Kot ein anderes Verhalten, aber schließlich im Einklang mit allen bisher von mir ausgeführten Versuchen: Pentosen oder Pentosane kommen auch losgelöst von der Zellmembran im Kot vor. Nicht alle aufgelösten Pentosane werden unmittelbar resorbiert oder manche vielleicht gar nicht resorbiert. Jedenfalls finden sie sich im Kote verteilt. Die Menge ist hier sogar bedeutend. Die Zellmembran hat 68·4 Prozent ihrer Pentosane abgegeben und nur 31·63 Prozent waren noch im alten Verbande.

Die Zellmembranresorption im ganzen bewegt sich in den Grenzen, wie ich sie bei dem Birkenholz gefunden habe, sie ist also nicht besser resorbierbar, als die genannte Holzmasse, ein Ergebnis, das zweifellos unvermutet kommt, wenn man sich an die Behauptungen der leicht „aufnehmbaren Zellulose" des Spinates erinnert. Die Zellmembran ist im ganzen sogar etwas weniger gut aufnehmbar, wie jene der Kleie, am ungünstigsten steht es mit der eigentlichen Zellulose, sie erweist sich in keiner Weise als leicht resorbierbar, wenn wir das Ergebnis mit meinen anderen Untersuchungen vergleichen.

Dies ungleiche Verhalten der Resorption einzelner Bestandteile der Zellwand bedingt natürlich eine Verschiedenheit des Aufbaues zwischen gefütterter Zellmembran und der Zellmembran, die sich aus dem Kote darstellen läßt, wennschon die äußere Beschaffenheit die Meinung rechtfertigen könnte, die Zellhüllen seien zum Teil ganz unverändert entleert worden.

100 Teile organischer Zellmembranen enthalten:

	Zellmembran der Zufuhr	Zellmembran des Kotes
Zellulose	40·30 Prozent	49·03 Prozent
Pentosane	19·49 „	10·63 „
Rest	40·24 „	40·34 „

Die „Kotzellmembran" ist also reicher an Zellulose und vor allem ärmer an Pentosanen geworden. Das ungleiche Verhalten der Zellulose und Pentosen ist hier besonders charakteristisch, man kann bei diesen

Ergebnissen sich nicht der Anschauung erwehren, daß die Kräfte, welche Pentosan und jene, welche die Zellulose lösen, verschieden sein müssen.

Es läßt sich mit einer gewissen Annäherung auch wie bei der Kleie und dem Birkenmehl schätzen, ob die Einführung der Zellmembran Veranlassung zu stärkerer Kotbildung gegeben hat; für die N-Ausscheidung habe ich gezeigt, daß das Mehr an N im Kot auf die unvollständige Resorption des in den Zellmembranen verbliebenen Proteins trifft, für die sonstigen Kotbestandteile kann man folgende Rechnung vornehmen:

Im ganzen sind pro Tag im Kot entleert worden .		178·1 kg-cal.
Die Zellmembran des Kotes etwa nach dem Verbrennungswert der aufgenommenen Zellmembran geschätzt, würde pro Gramm 4·172 kg-cal. ausmachen, also pro Tag 18·69 × 4·172 = . . .	77·97 kg-cal.	
5·54 unresorbiertes Protein 5·54 × 5·8 = . . .	32·13 „	
1·41 g Pentosan = 1·59 × 3·957 (als Xylose ber.)	6·29 „	
		116·4 „
		61·7 kg-cal.

Schätzungsweise sind also statt 67·7 kg-cal., welche dem üblichen Fleischkot entsprechen, 61·7 kg-cal. gefunden worden, wenn alle berechneten Abgänge, welche auf Zellmembran usw. treffen, in Anschlag gebracht werden.

Es läßt sich also sicher behaupten, daß eine nennenswerte Veränderung der Kotbildung unter dem Einfluß der gefütterten Spinatzellmembranen nicht eingetreten ist, obschon relativ die aufgenommene Menge der Zellmembran nicht unbedeutend war.

Die Spinatzellmembran entspricht also durchaus in der Resorption nicht den vielfachen Behauptungen über ihre leichte Resorbierbarkeit, auffallend leicht sind die Pentosane angegriffen worden, recht schwer die Zellulose.

Nur eines, was vom Laien so gedeutet werden kann, wurde beobachtet, nämlich kein auffallendes Hervortreten des beigemengten vegetabilischen Materiales im Kote; bei Birkenholz, Kleie trägt der Kot einen ausgeprägten fremdartigen Charakter, hier bei diesen Zellmembranen nicht. Die nicht resorbierten Teile haben keine Neigung zu verfilzen oder zusammenzubacken, sie fallen aber auch nicht bröcklig auseinander wie bei der Kleiefütterung.

Über die Verdaulichkeit der Zellmembranen der gelben Rüben.

Von

Max Rubner.

I.

Die bisher mitgeteilten Untersuchungen über die Verdaulichkeit der Zellmembranen lassen erkennen, daß wir auf diesem Wege neue Erkenntnisse über den Ablauf dieses Teiles der Verdauungsvorgänge erhalten können, und gewisse Richtlinien, sowohl was die Angriffsweise auf die Zellmembranen, als auch die Rückwirkung auf die übrigen Verdauungsvorgänge betrifft. Von der ersten Gruppe der Gemüse, deren Zusammensetzung in den vorhergehenden Abhandlungen mitgeteilt ist, wählte ich die gelbe Rübe aus, um durch das Tierexperiment die Resorptionsart der Zellmembran festzustellen.

Dazu bestimmte mich neben der bequemeren Verarbeitung des Materiales der Umstand, daß durch meine früher ausgeführten Versuche die Ausnützung der gelben Rüben beim Menschen bekannt ist. Die damaligen Versuche waren an einem Vegetarier angestellt worden, der sich gerade für die Ausführung solcher Versuche sehr geeignet hielt. Das Ergebnis schien unbefriedigend, da die Kotentleerung sehr schnell erfolgte, allerdings ohne irgend eine Störung des Befindens. Noch vor Ablauf von 6 Stunden erschien der Versuchskot — das Gesamtresultat war aber nicht zu ungünstig. Frappierend war das Aussehen der frischen Entleerungen, welche wie die Nahrung selbst aussahen, tatsächlich war aber der Verlust an Trockensubstanz nur 20·7 Prozent, eine bedeutende Ausnützung war erfolgt, aber das Resultat im Verhältnis zu den Zerealien oder der Kartoffel doch ein sehr zurückstehendes.

Die Menge der verzehrten Trockensubstanz war nicht groß (351·6 g pro Tag), wenn man bedenkt, daß bei fast der doppelten Menge (670 g)

Weißbrot die Verdauung noch sozusagen optimal verläuft. Nach dem damaligen Stand des Wissens ließ sich nur vermuten, daß in dem Zellulosegehalt der Rüben wahrscheinlich der Hauptgrund zu dem ungünstigen Verhalten su suchen war. Nach den jetzt vorliegenden Analysen haben wir in feinem Weißbrot soviel wie keine Zellmembran, in gelben Rüben aber über $^1/_4$ der Trockensubstanz überhaupt. Sie zeigen nach den Versuchen am Menschen die Besonderheit, daß der Farbstoff der gelben Rüben unverändert abgeht und daß das Volum der verfütterten Pflanzenzellen gar nicht abzunehmen scheint.

Zur Klärung dieser Verhältnisse kann nur der direkte Versuch mit der Fütterung der Zellmembranen entscheiden, wobei sich die Eigenart des Verhaltens im einzelnen feststellen läßt.

Die Herstellung des Zellmembranmateriales geschah in der Weise, daß die Rüben, nachdem sie gereinigt und äußerlich abgeschabt waren, mit dem Reibeisen zerkleinert wurden, dann wurden sie auf Gläser verteilt, mit reichlich Wasser und Diastase und ein paar Tropfen Toluol für 24 Stunden in den Brutschrank gebracht, dann abfiltriert, nochmals mit lauwarmem Wasser, dann mit heißem Wasser ausgezogen, mit Alkohol heiß behandelt und mit Äther gewaschen. Die Zellmembran war zwar noch nicht aller anderen Stoffe beraubt, die Analyse hatte über die weitere Zusammensetzung Auskunft zu geben. Die Membranen bestanden aus einer weißen feinflockigen, geruch- und geschmacklosen Masse. Von dieser erhielt der Hund an drei aufeinanderfolgenden Tagen je 70 g lufttrocken, er nahm sie ohne den geringsten Widerstand auf.

Die Entleerungen waren ungemein voluminös, enthielten, ohne breiig zu sein, offenbar reichlich Wasser, was die äußere Beschaffenheit nicht verriet. Das Wasser war wohl in die leeren Zellen des Rübenmateriales aufgenommen worden. Diese Zellmembranen verhielten sich also ganz anders als etwa das Birkenmehl, die Kleie und die Spinatzellmembran. Der Hund nahm während dieser Versuche mehr Wasser auf als sonst. Der Geruch des Kotes war nicht fäkal. Über die Zufuhr und Ausfuhr geben die nachfolgenden Tabellen Aufschluß.

100 Teile Trockensubstanz der Zellmembran der Mohrrüben enthielt:

6·82	Prozent	Asche,
93·18	„	Organisches,
23·57	„	Pentosen = 20·81 Prozent Pentosane,
37·09	„	asche- und pentosanfreie Zellulose,
81·62	„	asche- und proteinfreie Zellmembran,
0·84	„	N = 5·25 Prozent Protein.

In 65·23 g täglich gefütterter Trockensubstanz waren:

4·44 g Asche,
60·79 Prozent Organisches,
15·37 g Pentosen = 13·57 Prozent Pentosane,
24·19 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
53·24 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran,
0·5 ,, N = 3·43 Protein.

Das gefütterte Material läßt für die reine Zellmembran berechnen:

45·44 Prozent Zellulose,
25·76 ,, Pentosan,
28·80 ,, Rest.

Sämtliche Pentosen sind in der Zellmembran enthalten. Auf 100 Teile der gefütterten Rohzellmembran entfielen noch 3.61 g Protein, welche durch die bei der Darstellung der Reinzellmembran angewendeten Mittel nicht auflöslich waren = 0·57 g N, 68·7 Prozent des N der Zellmembranen waren also unlöslich geblieben. In der gefütterten Tagesration waren 0·372 g N in der Zellmembran verblieben, daneben war noch etwas N-Substanz vorhanden, die bei der Zellmembrandarstellung löslich war.

Zusammensetzung des Kotes. 100 Teile trocken enthalten:

12·75 Prozent Asche,
87·25 ,, Organnisches,
12·77 ,, Pentosen = 11·27 Pentosane,
31·37 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
47·55 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 8·77 g Pentosen = 7·74 g Pentosane,
2·84 ,, Stickstoff,
1·39 ,, Fett.

In 65·07 g trockenem Kot pro Tag sind enthalten:

8·30 g Asche,
56·77 ,, Organisch,
8·31 ,, Pentosen = 7·31 g Pentosan,
20·41 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
31·04 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 5·70 g Pentosen und 5·03 g Pentosane,
1·85 ,, Stickstoff,
0·90 ,, Fett.

II.

Ich betrachte zunächst, was sich über die Resorbierbarkeit des gefütterten Materiales auf Grund der kalorimetrischen Untersuchung von Einfuhr und Ausfuhr aussagen läßt; 1 g Trockensubstanz der eingeführten Zellmembranen lieferte 3·686 kg-cal. an Verbrennungswärme = 238·4 kg-cal. pro Tag. Da 1 g trockener Kot = 3·605 kg-cal. entsprach = 234·5 kg-cal., also in den Ausscheidungen waren, so ergibt sich das folgende Nutzverhältnis unter der Annahme, daß die Fleischfütterung allein im Durchschnitt pro Tag 67·7 kg-cal. Abfallsprodukte gibt.

Einfuhr Rohzellmembranen = 238·4.
Ausfuhr Kot = 234·5 – 67·7 (Fleischkot) = 166·8 kg-cal.
Verlust = 69·93 Prozent.

Das Gesamtergebnis ist also nicht günstig oder doch wenigstens etwas ungünstiger als bei Spinatzellmembran, die 60·4 Prozent Verlust gab. Zweifellos beeinflußt das Resultat der geringe N-Gehalt des hier gefütterten Präparates, während bei Spinat etwas mehr Protein vorhanden war, das, für sich betrachtet, ein nicht ungünstiges Resorptionsverhältnis zeigt und so das Gesamtresultat beeinflußt. Nur rund 30 Prozent des Energieinhaltes der gefütterten Zellmembran erscheinen verwertbar, aber doch nur bedingt, denn man hat stets bei solchen Berechnungen zu erwägen, daß durch die Gärungsvorgänge zum mindesten ein Teil von den 30 Prozent auch durch Bildung brennbarer Gase zu Verlust ging und daß es fraglich erscheinen kann, inwieweit etwa organische Säuren, wie sie zum Teil als Gärprodukte vorausgesetzt werden müssen, als isodyname Vertretungen anderer Nährstoffe angesehen werden können. Als allgemeines Urteil wird man bereits annehmen können, daß zwischen dem untersuchten Material der Gemüse — Spinat, Mohrrüben — kein wesentlicher Unterschied im Nutzeffekt ist. Betrachtet man in analoger Weise die Ein- und Ausfuhr des in den Mohrrübenzellmembranen in kleinen Mengen enthaltenen Stickstoffs, so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Die N-Ausscheidung im Kot nach Fleisch-Zellmembranfütterung war erhöht, was eine doppelte Deutung zuläßt — entweder ist die Resorption des Fleisches etwas herabgesetzt worden, oder tatsächlich der N der Zellmembran in den Kot übergegangen. Nach den bisherigen Erfahrungen neige ich der letzten Anschauung zu.

Statt 1·09 g N, welche der durchschnittlichen Entleerung bei reiner Fleischkost entsprechen, wurden 1·85 g N bei Zellmembranfütterung abgegeben, also 1·85 – 1·09 = 0·76 g pro Tag mehr. In der Zufuhr der Zellmembran waren aber nur 0·55 g N, somit muß tatsächlich eine geringe

Mehrausscheidung durch Vermehrung der Ausscheidung von Fleischkotbestandteilen eingetreten sein, wenn man nicht solche kleinen Unterschiede in der N-Ausscheidung überhaupt als zufälligen Schwankungsbereich der Fleischkotbildung ansehen will. Es läßt sich aber nachweisen, daß diese N-Mehrung in der Ausfuhr durch eine geringe Mehrung des N-Gehaltes der Zellmembran zustande gekommen ist, die etwa durch den Einschluß von Verdauungsprodukten in die stark quellende und ihr früheres Volum annehmende Zellmembran erzeugt wurde. In der zugeführten Zellmembran waren rund 0·55 g N vorhanden, in der Reinzellmembran der Ausfuhr 0·79. Oben habe ich den Ausfuhrüberschuß bei Zellmembranfütterung auf 0·76 g N pro Tag berechnet, diese Menge wird also durch die gefundene 0·79 g N in der Kotzellmembran, wenn man von der kleinen Fehlergrenze absieht, gerade gedeckt.

III.

Die wichtigsten Ergebnisse der vorstehenden Untersuchung betreffen die direkte Untersuchung des Verhaltens der Pentosen und der Reinzellmembran und Zellulose. Ein Vergleich der Ein- und Ausfuhr gibt folgendes als Verlust:

54·07 Prozent an Pentosen überhaupt,
36·70 ,, an Pentosen, die in der Zellmembran abgelagert sind,
58·11 ,, an Zellmembran überhaupt,
84·38 ,, an Zellulose,
36·50 ,, an Restsubstanzen der Zellmembran.

Von den Pentosen wurde also ein Teil resorbiert, der größere Teil geht mit dem Kot ab. Anders ist das Ergebnis, wenn man die Spaltung der Pentosane betrachtet. Diese letzteren werden hier in hohem Maße aus der Zellmembran herausgelöst, das Präparat enthielt vor der Fütterung überhaupt nur an die Zellmembranen gebundene Pentosane. Der Unterschied in der Resorption der Pentosen überhaupt und der Zellmembranpentosen bringt uns zum Ausdruck, daß aus der Zellmembran gelöste Pentosen im Kote selbst unresorbiert liegen bleiben können. Der Fall liegt also hier, wie es in mäßigen Grade auch bei Birkenholz in viel höherem Grade bei Kleie und Spinatzellmembran schon berichtet worden ist. Sind es unresorbierbare Pentosen oder bleibt nicht Zeit genug, um sie zur Resorption zu bringen? Es scheint mir eher ersteres der Fall zu sein, denn bei dem lebhaften Verdauungsstrom, der zur Aufnahme von 1000 g Fleisch als Futter zu dienen hat, sollten doch wohl die kleinen Mengen von Pentosen auch zur Lösung gebracht werden können. In der starken

Auflösung der Pentosane der Zellmembran darf man wieder den Beweis einer besonderen fermentativen Abspaltung sehen, weil ganz im Gegensatz damit gerade in diesem Falle die ungünstige Resorption der Zellulose steht. Die Zelluloseverdauung ist demnach auch nach diesen Ergebnissen von der Pentoselösung zu trennen. Sehr günstig wurden auch die Restsubstanzen resorbiert, so daß das ungünstige Resultat der mangelhaften Zelluloseausnützung durch die Pentosan- und Restsubstanzresorption verdeckt wird und das Gesamtresultat des Verlustes an Reinzellmembran rund 58·11 g ausmacht.

Durch die ungleiche Resorption der einzelnen Komponenten der Reinzellmembran wird die Zusammensetzung der in der Nahrung eingeführten und der im Kot ausgeschiedenen Zellmembran sehr verschieden. In 100 Teilen Reinzellmembran waren:

	In der Einfuhr	In der Ausfuhr
Zellulose	45·44	65·76
Pentosane	25·76	16·28
Restsubstanz	28·80	17·75

Was die Zellulose anlangt, so wiederholen sich hier, was ich schon beim Spinat beobachtet und beschrieben habe, das Überwiegen der Zellulose in der ausgeschiedenen Zellmembran, eine Abweichung besteht insofern zwischen beiden Gemüsen, daß die Restsubstanzen der Mohrrüben besser als jene des Spinates resorbiert werden.

Aus der Betrachtung in Abschnitt II geht hervor, daß etwas mehr N im Kote erscheint, als sich aus dem eingeführten Proteingehalt der Zellmembran erklären ließ, was den Schluß rechtfertigt, daß eine Mehrausscheidung von N aus verdautem Fleisch vorliegt. Die weitere Frage wäre, ob außer der geringen Vermehrung der N-Ausscheidung auch die übrigen Kotsubstanzen eine gewisse Vermehrung erfahren haben. Hierüber kann man nur eine schätzungsweise Angabe machen, so wie ich sie bei Spinatzellmembranfütterung versucht habe (s. Tab. nächste Seite).

Statt 67·7 kg-cal. pro Tag, wie sie dem Fleischversuch entsprechen, ist hier anscheinend etwas mehr Fleischkot gebildet worden, die Differenz würde aber etwas kleiner, wenn man berücksichtigt, daß die Verbrennungswärme der Kotzellmembran wegen der Vermehrung des Prozentgehaltes an Zellulose etwas größer sein kann, als oben angenommen. Doch bleibt wohl das Gesamtresultat einer geringen Vermehrung der Kotbildung oder Ausscheidung an Kotsubstanzen, womit auch die geringe Steigerung der N-Ausscheidung im Kot über das Maß des in der Zellmembran eingeführten Stickstoffs hinaus hinweist.

Im ganzen sind pro Tag im Kot entleert worden		234·5 kg-cal.
Wenn die Zellmembran des Kotes in der Verbrennungswärme etwa jenem Wert der Zufuhr entsprach, so haben wir als Verbrennungswert der Ausscheidung der Zellmembran 31·04 × 3·956	122·8	
Unresorbiert blieben 3·43 g Protein = 3·43 × 5·8 kg-cal.	19·8	
Außerdem waren losgelöst von der Zellmembran im Kot 2·28 g Pentosan = 2·58 × 3·95 (Verbrennungswert der Xylose)	10·2	
		152·8 ,,
		81·7 kg-cal.

Die Verdaulichkeit der Haselnußkerne.

Von

Max Rubner.

I.

Die Nüsse beanspruchen als Nahrungsmittel quantitativ betrachtet gegenwärtig kaum hervorragende Bedeutung, man schätzt sie im allgemeinen als gelegentliche Zugabe zur Mahlzeit. In der diätetischen Literatur findet man anfangs des 19. Jahrhunderts von den Walnüssen betont, daß sie nur in frischem Zustand, solange sich der eigentliche Kern von den deckenden Häutchen entfernen läßt, in mäßigen Mengen, gut bekömmlich, aber später, wenn sie austrocknen und die Haut mit verzehrt werden muß, Verdauungsbeschwerden machten. Den Haselnüssen hat man nach der älteren Literatur wenig Bedeutung geschenkt, sie galten als schwer verdaulich, sollten namentlich auch Heiserkeit erzeugen können. Neben dem Genusse der Kerne selbst kamen im vorigen Jahrhundert statt der Mandelmilch, auch die ähnlich bereitete Nußmilch zur Verwendung. Als die rein diätetische Betrachtung der Nahrungsmittel mehr in Vergessenheit geriet, trat an ihre Stelle die Würdigung ihres Nährwertes auf Grund ihrer Zusammensetzung, als Eiweiß- und Fettträger. Es ist aber nie recht klar gestellt worden, wie es in dieser Hinsicht wirklich steht.

Denn über die Verdaulichkeit der Nüsse ist näheres nicht bekannt; was man über ihre Bedeutung als Nährmaterial sagt, ist nur aus dem Ergebnis der Analysen abgeleitet, die allgemein bekannt sind. Wer die Nüsse zu allen sonstigen Nahrungsmitteln hinzu ißt, kann natürlich ein Urteil über ihre Bedeutung nicht gewinnen. Im Hinblick auf die Verdaulichkeit beurteilt man sie wie ich glaube, im allgemeinen als ungünstig, dazu geben manche Beobachtungen Anlaß. Wer die Abgänge nach Genuß von Nüssen durchsucht, wird stets mehr oder minder reichlich solche Nußteilchen finden, es sind aber immer größere Partikelchen, welche dem Kauakt entgangen sind, wie man auch namentlich Teile gerösteter Mandeln mitunter finden kann. Diese praktische Beobachtung sagt aber, wie ich mich bei anderen

Nahrungsmitteln überzeugt habe, nichts über die Größe der Resorptionsvorgänge aus. Unresorbierte Teilchen findet man dann häufig, wenn Nahrungsteile bei der Zubereitung ausgetrocknet waren und sich mit Fett durchtränkt haben, sie bleiben, weil für die Verdauungssäfte undurchdringlich, größtenteils auch unverdaut. Nüsse sind schwer vollkommen zu zerkauen, sie quellen nicht im Munde und wollen also rein mechanisch bearbeitet sein. Dazu fehlt es gewöhnlich an Zeit oder an Lust. Ähnliche Argumente gegen den Nährwert der Nüsse sind mehrfach erhoben worden, entscheidend bleibt stets das direkte Experiment. Ich habe daher am Hunde frisch entkernte Haselnüsse neben Fleisch verfüttert, dieselben Nüsse, deren Analyse in einer früheren Abhandlung mitgeteilt wurde und die ich hier wiederhole.

In 100 Teilen Trockensubstanz der Haselnüsse sind vorhanden:

2·57 g Asche,
97·42 ,, Organisches,
2·62 ,, Pentosen = 2·31 Pentosane,
2·02 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
6·38 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 1·77 g Pentosen = 1·58 g Pentosane,
3·11 ,, N = 19·44 g Protein,
65·72 ,, Fett.

In dem 3 tägigen Versuch erhielt der Hund täglich 110 g frische Haselnüsse, deren Gehalt an Bestandteilen die Tabelle angibt. Der Hund ertrug die Fütterung der fein zermahlenen Haselnüsse tadellos, der Kot war fest und hart. Die Ausscheidungen waren angehalten, der Stuhl ganz trocken, eine Mehrung der Ausscheidungen war nicht wahrzunehmen. Der Kot war gelbbraun, nicht schwarz wie der normale Fleischkot. Die Untersuchungsergebnisse enthält nachstehende Tabelle.

In 110 g frischen Nüssen ist enthalten 80·8 g Trockensubstanz. Pro Tag wurde aufgenommen:

2·08 g Asche,
78·72 ,, Organisches,
2·12 ,, Pentosen = 1·87 g Pentosane,
1·62 ,, Reinzellulose,
5·15 ,, Reinzellmembran mit 1·43 g Pentosen und 1·26 g Pentosane,
2·51 ,, N = 15·68 g Protein,
53·10 ,, Fett.

In 100 Teilen Zellmembran findet sich:

31·45 Prozent Zellulose,
24·47 ,, Pentosan,
44·08 ,, Restsubstanz.

In 100 Teilen Trockenkot war:

68·35 g Asche,
31·65 ,, Organisches,
0·64 Prozent Pentosen = 0·56 Prozent Pentosane,
1·29 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
3·30 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 0·29 g Pentosane,
1·89 ,, N,
1·28 ,, Fett.

In 57·4 g trockenem Kot pro Tag war:

39·2 g Asche,
18·2 ,, Organisches,
0·37 ,, Pentosen = 0·33 g Pentosane,
0·74 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
1·89 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 0·109 g Pentosan,
1·088 ,, N,
0·73 ,, Fett.

Der hohe Aschegehalt des Kotes beruht nicht auf unvollkommener Abgrenzung, wie ich bemerken möchte, obwohl es ja hier unbedenklich wäre, wenn etwas Knochenkot mit dem Versuchskot sich beimengt. Es wird nötig sein an anderer Stelle auf ähnliche Vorkommnisse einzugehen. Was die Gesamtausnützung anlangt, so läßt die Bestimmung der Verbrennungswärme der Einnahmen und Ausgaben folgenden Entscheid zu.

Die Verbrennungswärme der trockenen Haselnüsse war	7·666 Kal. pro 1 g	= 619·4 Kal.[1]
die des Kotes pro Gramm	1·265 ,,	72·6 ,,
im Kot bei reiner Fleischfütterung kamen pro Tag zur Ausscheidung,		67·7 ,,
bleibt für die Nüsse		4·9 ,,

d. h. nur ein Verlust von 0·79 Prozent an Kalorien. Jedenfalls werden also die Nüsse tadellos verwertet. Daran hat natürlich in erster Linie die glatte Resorption des Fettes seinen Anteil, das Fett macht ja den Hauptteil der Verbrennungswärme aus. Im übrigen möchte ich aber auf einen

[1] In der ganzen Einnahme der Nüsse.

Umstand hinweisen, der natürlich das Resultat erheblich zugunsten der Nüsse verschiebt, nämlich darauf, daß bei einem Ausnutzungsversuch, welcher mit einem Nahrungsmittel angestellt ist, stets der Stoffwechselanteil des Kotes mit als Verlust bei dem Nahrungsmittel verrechnet wird, hier ist dieser Energieverlust ausgeschaltet, weil der normale Fleischkot, der ja in der Regel nichts anderes ist als ein Stoffwechselprodukt, nach seinem Energiewert in Abzug gebracht wurde. Die Fleischverdauung leistet nebenbei noch die Verdauung der Haselnüsse. Das ändert an dem günstigen Ergebnis insofern nichts, weil jedenfalls so viel sicher steht, daß die Nüsse eine besondere Belastung des Darmes und einen größeren Mehraufwand an Resorptionsvorgängen mit vermehrter Kotbildung nicht hervorgerufen haben. Man sieht daraus, daß die angeblich praktische Erfahrung, die in den Nüssen eher ein schwer resorbierbares Material sehen wollten, durch das Experiment als irrig nachgewiesen wird.

Geht man nun auf die N-Resorption näher ein, so zeigt sich auch da, daß die Eiweißstoffe jedenfalls gut aufnehmbar sind. Ich habe zuerst für das Klebereiweiß dargetan, daß dasselbe, getrennt von der Kleie und frei der Nahrung zugesetzt, ganz trefflich resorbiert wird. Hier kann man von einem ähnlichen Falle sprechen. Die Zellmembranen sind offenbar sehr dünn, werden bei der mechanischen Zertrümmerung zerrissen, daher resorbiert der Darm das Eiweiß sehr vollkommen. Im Durchschnitt wird bei Fleischfütterung bei meinem Versuchstier 1·09 g N ausgeschieden und ebensoviel kam auch im Versuche bei Fütterung mit den Haselnüssen (1·09), somit wäre das Eiweiß vollkommen zur Resorption gelangt. Freilich darf man die Wandelbarkeit der N-Ausscheidung im Kot nicht ganz beiseite schieben, es ist möglich, daß kleine Schwankungen vorkommen und daß diese vielleicht in dem Falle zugunsten der N-Resorption der Nüsse ausgefallen sind. Ich komme darauf noch zurück.

II.

Die Resorptionsverhältnisse der Pentosen und der Zellwand hatten folgendes ergeben. Es wurden verloren:

11·32 Prozent der Gesamtpentosen,
45·68 „ der Zellulose,
36·69 „ der Zellmembran,
13·41 „ des Pentosans der Zellmembran,
43·61 „ der Restsubstanz der Zellmembran.

Bei den Pentosen wurde berücksichtigt, daß der Fleischkot pro Tag 0·13 g enthält, wodurch sich der Verlust nur auf 11·32 Prozent berechnet.

An diesem Resultat haben aber die Pentosen der Zellmembran wesentlich Anteil, sie sind bis auf einen kleinen Anteil zur Resorption gelangt. Zellulose und Restsubstanz sind beide auch erheblich angegriffen, aber weit weniger als die Pentosen, wodurch sich dann als Gesamtresultat ergibt, daß im Kot ein Zellmembranrest zurückbleibt, der zellulosereicher ist als die Einfuhr. 100 Teile Kotzellmembranen enhalten:

39·24 Prozent Zellulose,
8·94 ,, Pentosan,
48·14 ,, Restsubstanzen.

Mit der Zellmembran aus dem Kot ließ sich eine ganze Menge Protein isolieren, das als Rest von unverdautem Haselnußeiweiß anzusehen ist. Es haftet fest an der Zellmembran und kann nicht weiter abgeschieden werden; ich habe den Eindruck, daß dies solche kleinsten Teilchen sein mögen, die sich aus irgend einem unaufgeklärten Grunde der Verdauung entzogen haben mögen, die Menge des Proteins in der Zellmembran des Kotes betrug 2·46 g = 0·39 g N, die Verdaulichkeit der Proteine war demnach doch keine absolute, wie es zuerst den Anschein hatte, sie muß nach dem Eiweißgehalt in der Zellmembran beurteilt 84·5 Prozent betragen, was einem Verlust von 15·5 g gleichkommt. Offenbar hängt das mit der guten Zerkleinerung der Nahrung wesentlich zusammen. Wenn man diese N-Ausscheidung aus den Nüssen berücksichtigt, so muß der N-Verlust des Fleisches etwas kleiner gewesen sein als im Durchschnitt; aus welchem Grunde diese Abweichung erfolgte, läßt sich nicht übersehen.

Die Zellmembran der Haselnußkerne gehört zu den leichtest auflösbaren und namentlich sind deren Pentosane in weitgehendem Maße verdaulich; diese erhebliche Zellmembranverdauung kommt offenbar der Verdauung der Nährstoffe selbst zugute. Es wäre aber interessant zu erfahren, ob nicht etwa bei der so überraschend günstigen Auflösung der Pentosane überhaupt den Verdauungssäften besondere Wege zum Eindringen in unverletzte Zellen geboten wurden.

III.

Um die Haselnüsse zu weiteren Versuchen, bei denen das Verhalten der Zellmembran nochmals untersucht und zugleich der Einfluß des Trocknens bestimmt werden sollte, habe ich eine große Masse von Nüssen entkernen lassen. Die Kerne, frei von jedem Schalenrest, wurden in der Maschine zerkleinert, dann mit lauwarmem Wasser ausgewaschen, bis das Wasser nichts mehr aufnahm, mit kochendem Wasser behandelt, hierauf entwässert, mit Alkohol heiß ausgekocht, um das Fett größtenteils zu

entfernen, hierauf mehrfach mit Äther ausgekocht. So verlor das Präparat wenigstens die Hauptmasse an Fett, doch hielt es schwer, ohne eine Dauerextraktion im Apparate die Masse fettfrei zu erhalten. Die Anordnung des Versuches war genau wie die des vorigen.

Die Zusammensetzung des gefütterten Materiales war folgende:

In 100 Teilen getrockneter Nüsse sind:

2·92 Prozent Asche,
97·08 ,, Organisch,
10·97 ,, Pentosen = 9·68 Pentosan,
9·18 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
28·77 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 9·90 g Pentosan,
6·97 ,, N = 43·55 Prozent Protein,
27·05 ,, Fett.

In 100 Teile Zellmembran enthalten:

31·55 Prozent Zellulose,
34·72 ,, Pentosan,
33·72 ,, Restsubstanz.

In 64·4 g pro Tag gefütterten Haselnüssen sind:

1·88 g Asche,
62·72 ,, Organisch,
7·06 ,, Pentosen = 6·23 g Pentosan,
5·91 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
18·73 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 6·36 g Pentosan,
6·46 ,, Restsubstanz,
4·49 ,, N = 27·87 g Protein,
17·70 ,, Fett.

In 100 g trockenem Kot nach Fütterung mit trockenen Haselnüssen sind enthalten:

68·50 Prozent Asche,
31·50 ,, Organisch,
1·22 ,, Pentose = 1·08 Pentosan,
1·70 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
3·84 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 0·4 Pentosen = 0·35 Pentosan,
1·68 ,, N,
0·79 ,, Fett.

In 100 Teilen Zellmembran aus Kot sind enthalten:

44·21 Prozent Zellulose,
9·26 ,, Pentosan,
46·53 ,, Restsubstanz.

In 63·5 g trockenem Kot pro Tag sind enthalten:

43·49 g Asche,
20·10 ,, Organisch,
0·77 ,, Pentose = 0·68 g Pentosan,
1·079 ,, asche- und pentosanfreie Zellulose,
2·44 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 0·254 g Pentose = 20·226 g Pentosane,
1·14 ,, Restsubstanz,
1·066 ,, N,
0·50 ,, Fett.

Bei der Darstellung wurde nicht nur die Fettmenge reduziert, sondern auch andere Substanzen ausgezogen, z. B. die in Wasser löslichen Amidstoffe usw. Der Gehalt an Zellulose ist jetzt auf das Vierfache angereichert. Die Zusammensetzung der Zellmembran war ähnlich wie jene bei den früher untersuchten Nüssen, aber insofern verschieden, als der Pentosegehalt nicht unwesentlich höher war. Die Pentosen sind jetzt nur noch als Bestandteile der Zellmembran vorhanden.[1]

Von dem Material wurde neben 1000 g Fleisch 64·4 g Trockensubstanz des obigen Nüssepulvers verabreicht. In dieser Tagesration sind die im einzelnen aufgeführten Nährstoffe enthalten.

Im Verlauf des Versuches ergab sich bezüglich des Verhaltens des Tieres nicht der geringste Unterschied gegenüber dem früheren Versuch, auch nicht in der Kotbildung.

Die Gesamtausnützung nach den Verbrennungswerten läßt sich leicht feststellen, 1 g der zugeführten Nüsse entsprach 6·840 kg-cal, was auf die Tagesration 440·0 Kalorien ausmacht. 1 g Kot hatte 1·328 kg-cal. Verbrennungswert, 63·5 g also 84·32. Im Kot nach Fleischfütterung kommen pro Tag 67·7 kg-cal. zur Ausscheidung. 16·6 Kal. würden sonach als Mehrausscheidung auf die gefütterten Nüsse zu beziehen sein, was einem Verlust von 3·77 Prozent gleichkäme. Das wäre also etwas mehr, als bei den frischen Nüssen gefunden wurde. Man darf da aber keine

[1] Vergleicht man die Gesamtpentosen mit der Pentose in der Zellmembran, so stimmen die Werte nicht völlig, der Gesamtpentosenwert ist etwas kleiner; solche Differenzen fand ich öfter, wenn die erhaltenen Mengen Furfurolphlorogluzid in dem einen und in dem anderen Präparat, welche aber durch die Berechnung den gleichen Wert ergeben sollten, sehr verschieden waren.

falschen Schlüsse ziehen. Die anderen Nüsse waren nicht nur frisch, sondern auch viel fettreicher, deshalb relativ an Zellulose und Zellmembran ärmer, Momente, die von vornherein etwas weniger an Ausscheidung erwarten ließen.

Der N-Verlust im Kot würde unmittelbar beurteilt = 0 sein, ich komme aber am Schluß der Darlegung nochmals darauf zurück.

IV.

Die Verdaulichkeit der Zellmembran legt die Verhältnisse des vorigen Versuches noch klarer zutage, die Ergebnisse lassen sich kurz, wie folgt, zusammenfassen. Es gingen zu Verlust:

9·06	Prozent	von den Gesamtpentosen[1],
18·26	,,	von der Zellulose,
13·03	,,	von der Zellmembran,
17·65	,,	von der Restsubstanz,
3·56	,,	von der Pentose der Zellmembran.

Die Pentosen sind zum größten Teil resorbiert worden, andere als an die Zellmembran gebundene Pentosen waren überhaupt nicht vorhanden, trotzdem findet sich ein Unterschied in der Resorption der beiden Werte. Im Kot treten Pentosen auf, die nicht an die Zellmembran gebunden sind, diese Pentosen können keine anderen als aus der Zellmembran gelöste sein. Ähnliche Verhältnisse habe ich auch bei anderen Zellmembranen schon nachgewiesen; das Resultat ist besonders überzeugend, weil eben nur Pentosane der Zellmembran als Zufuhr in Frage kommen. Die Zellulose der Zellmembran ist auch leicht angreifbar, denn es waren nur noch 14·2 Prozent im Kote nachweisbar. Die Zellmembran, welche im Kot hinterblieb, hatte wie im ersten Versuche eine wesentlich andere Zusammensetzung wie die gefütterte, denn der Vergleich zeigt:

Gefütterte Zellmembran			Zellmembran aus Kot		
31·55	Prozent	Zellulose	44·21	Prozent	Zellulose
34·72	,,	Pentosan	9·26	,,	Pentosan
33·72	,,	Restsubstanz	46·53	,,	Restsubstanz

In der aus dem Kot ausgeschiedenen Zellmembran war noch Protein vorhanden, dessen Menge 0·200 g N pro Tag entsprach. Dies stellt den Rest des unverdaut gebliebenen Proteins der Haselnüsse dar. Der Verlust an Protein im Kot macht diesmal nur 4·47 Prozent der Gesamtproteinzufuhr aus. Obschon hier also getrocknete und durch die Trocknung geronnene Eiweißstoffe in Frage kamen, ist die Resorption sehr gut. Viel-

[1] Nach Abzug der aus Fleischkot stammenden Pentosen berechnet.

leicht war in diesem Versuche die Resorption dadurch begünstigt, daß sich das größtenteils entfettete Material viel feiner zerkleinern ließ, als bei den frischen Nüssen, bei denen bei großer Anwendung von Gewalt ein Auspressen von Fett befürchtet werden mußte.

Die Gesamt-N-Ausscheidung im Kot war auch in diesem Versuche wieder kleiner, als sie im Durchschnitt bei Fleischkot zu sein pflegt. In beiden Fällen einen Zufall zu sehen, ist nicht sehr wahrscheinlich, andererseits ist bisher nicht bekannt, daß sich bei gemeinsamer Verfütterung zweier Nahrungsmittel stickstoffhaltige Stoffwechselprodukte im Kote mindern können.

Versuche über die Verdaulichkeit der Haselnußschalen.

Von

Max Rubner.

I.

Nachdem sich gezeigt hat, daß die Verdaulichkeit der Zellmembranen sehr verschiedener Herkunft, verschiedener morphologischer Struktur, wie Holzmasse, Kleie, Spinat, Möhren überraschend ähnlichen Einwirkungen im Darmkanal unterliegen, schien es mir doch noch wünschenswert, zu erfahren, ob auch sehr harte und widerstandsfähige Gebilde, wie die harten Schalen von Nüssen, der Auflösung im Darmkanal zugänglich sind.

Praktische Erfahrungen darüber besitzen wir nicht, es würde widersinnig erscheinen, derartiges Material etwa als Tierfutter zu bezeichnen. Was man an Kernen von Beerenfrüchten zufällig oder absichtlich verschluckt, geht erfahrungsgemäß wieder im Kote ab. Das wird ungefähr als Maßstab für die Unresorbierbarkeit der harten Schalen der Nußarten angesehen.

Wenn ich andererseits die Zusammensetzung der Schalen selbst betrachte, so finde ich in dieser keineswegs einen Grund, eine völlige Unverdaulichkeit derselben anzunehmen. Die Haselnußschalen enthalten dieselben Mischungen von Stoffen, die auch anderweitig als verdauliche Zellbestandteile vorkommen. „Die Härte“ muß also wohl in einer eigenartigen Verbindung der Teile untereinander liegen, vielleicht auch in der Festigkeit der Masse, deren Luftfreiheit und geschlossenen Aneinanderlagern der Teile.

Jedenfalls muß es von Interesse sein, hierüber direkt eine Aufklärung zu bringen. Ich habe daher die Haselnußschalen so vollkommen wie möglich pulvern lassen und dieses Material zur Fütterung verwendet. Der Hund erhielt neben 1000 g Fleisch täglich 61·46 g trockenes Haselnußschalenpulver. Die Zusammensetzung der letzteren habe ich schon früher angegeben.

Zusammensetzung der eingeführten Haselnußschalen.

100 Teile Trockensubstanz enthalten:

1·36 Prozent Asche,
98·64 ,, Organisches,
32·88 ,, Pentosen = 29·02 Prozent Pentosan,
36·68 ,, Reinzellulose,
97·10 ,, Reinzellmembran mit 27·69 g Pentosen,
0·19 g N = 1·187 g Protein,
0·36 ,, Fett.

1 g Substanz lieferte 3·856 kg-cal.

In 100 Teilen Zellmembran sind:

37·77 Prozent Zellulose,
29·88 ,, Pentosane,
32·35 ,, Restsubstanzen.

In 70 g lufttrocken = 61·46 g trockener Haselnußschale pro Tag sind:

0·84 g Asche,
60·66 ,, Organisches,
20·22 ,, Pentose = 17·85 g Pentosane,
22·56 ,, Reinzellulose,
59·69 ,, Reinzellmembran mit 17·02 g Pentosan,
20·11 ,, Restsubstanz,
0·12 ,, N = 0·74 g Protein,
0·22 ,, Fett.

Verbrennungswert der Zufuhr 237·00 kg-cal. pro Tag.

Die Ausscheidungen blieben fest, doch war der Kot geneigt, leicht zu einem Pulver zu zerbröckeln. Die Zusammensetzung des Kotes und die täglichen Ausscheidungen sind in nachstehender Tabelle aufgeführt:

Zusammensetzung des Kotes nach Fütterung von Haselnußschalen.

100 Teile enthalten:

7·87 g Asche,
92·13 ,, Organisches,
23·84 ,, Pentosen = 21·05 g Pentosan,
25·25 ,, Reinzellulose,
69·09 ,, Reinzellmembran mit 20·27 g Pentosan,
2·24 ,, N,
2·38 ,, Fett.

In 51·88 g trockenem Kot sind pro Tag:

4·08 g Asche,
47·80 ,, Organisches,
12·37 ,, Pentosen = 10·92 g Pentosan,
13·09 ,, Reinzellulose,
35·84 ,, Reinzellmembran mit 10·70 g Pentosan,
12·04 ,, Restsubstanz,
1·16 ,, N,
1·23 ,, Fett.

In 100 Teilen Zellmembran sind:

36·52 Prozent Zellulose,
29·88 ,, Pentosan,
33·60 ,, Restsubstanz.

1 g Kot liefert 4·690 Kal. = 243·3 im ganzen pro Tag.

Die erste Frage, die hier zu beantworten ist, betrifft die Möglichkeit der Resorption des harten Materiales überhaupt. Ließe man sich nun von dem allgemeinen Aussehen des Kotes leiten, so würde man meinen, daß überhaupt nichts resorbiert wird, das ist aber nicht der Fall. Es läßt sich leicht zeigen, daß tatsächlich die Haselnußschalen auch verdaubar sind.

Als Gesamtzufuhr haben wir pro Tag	237·00 kg-cal.
der Verbrennungswert des Kotes beträgt	243·3 ,,
davon sind aber als dem Fleischkot zugehörig	67·7 ,,
also trifft auf Unresorbierbarkeit der Haselnußschalen	175·6 kg-cal.

d. h. es ist ein Verlust von 70·4 Prozent vorhanden, also auch eine Resorption von 29·6 Prozent.

Aus dem Versuche folgt, daß auch die härtesten Pflanzenschalen keineswegs unresorbierbares Material sind, ich glaube, man wird es kaum bezweifeln dürfen, daß auch die Schalen der Walnüsse, Paranüsse usw. sich ebenso verhalten werden. Es ist immerhin ein überraschendes Ergebnis. Dabei wird man nicht einmal sagen können, daß durch die Fütterung dieser schwer resorbierbaren Substanzen etwa ein Darmreiz stattgefunden habe, ein solcher müßte sich durch eine Steigerung der N-Ausscheidung im Kote gegenüber der reinen Fleischfütterung zu erkennen geben.

Die N-Ausscheidung beträgt bei Fütterung von Haselnußschalen	1·16
bei reiner Fleischkost	1·09
mehr	0·07

Diese Differenz besagt nichts. Das kleine Mehr der Ausscheidung kann auf die kleinen N-Mengen zurückgeführt werden, die in der nicht resorbierbaren Zellmembran enthalten sind.

II.

Die Resorption der Zellmembran erfolgt, wenn man die einzelnen schon berichteten Experimente sich vergegenwärtigt, sehr verschieden, bei Birkenholz mit einer gewissen Begünstigung der Pentosen bei der Resorption, in anderen Fällen mit einer ausgesprochen starken Resorption gerade dieses Zellmembrananteiles.

Die Feststellung, ob auch dieses besonders harte Material die gleichen Angriffswege der verdauenden Eingriffe erkennen läßt, ist also von besonderer Bedeutung. Aus den Tabellen läßt sich leicht eine Antwort erteilen, es gingen zu Verlust:

60·53 Prozent der Gesamtpentosen (abzügl. der Fleischkotpentosen),
58·22 ,, der Zellulose,
59·09 ,, der Zellmembran,
59·54 ,, der Restsubstanz,
62·86 ,, der Pentosen der Zellmembran.

Daraus folgt: Alle einzelnen Bestandteile der Haselnußschale sind gleichmäßig angegriffen worden, bei keiner Substanz tritt eine spezifische Einwirkung entgegen. Diese harte Substanz verhält sich also ganz anders, als alle bisher untersuchten Membranen. Man hat den Eindruck, daß die Bestandteile hier ganz innig miteinander vermengt sind, so daß ein elektives Auflösen zur Unmöglichkeit gehört. Wahrscheinlich sind die Teilchen ganz ohne Poren, so daß ein Vordringen der Fermente und der die Zellulose lösenden Mikroben ausgeschlossen ist. Die Auflösung findet durch gleichmäßigen Angriff von der freien Oberfläche der Partikelchen her statt. Daher stimmt auch die Zellmembran der Zufuhr und der des Kotes bis auf geringfügige Abweichungen überein. Pentosen, welche von der Zellmembran abgetrennt sind und gelegentlich frei in den Ausscheidungen sich nachweisen lassen, finden sich hier sozusagen nicht, zwar betragen die Gesamtpentosane des Kotes 10·92 und jene der Zellmembranen 10·70, aber im Kote sind auch 0·125 Pentosan, die vom Fleischkot herrühren; zieht man letzteren von der Gesamtpentosan ab: 10·92 — 0·125, so bleiben 10·80 übrig und 10·70 Pentosane sind in der Zellmembran.

Es läßt sich jetzt auch feststellen, ob unter dem Einfluß der schwer verdaulichen Masse eine vermehrte Kotbildung im Darm eingetreten ist oder nicht.

Pro Tag wurden mit dem Kote abgegeben		243·3 Kal.
Von der gefütterten Haselnußschale rühren 35·84 Reinzellmembranzellen her, nimmt man für diese den Kalorienwert der Haselnußschalen (3·856 kg-cal bei 1·56 Prozent Asche = 3·910 pro 1 g organisch), so beträgt die Anzahl der Kalorien, die sicher auf die Schalen zu beziehen sind, 35·84 × 3·91 =		140·1 ,,
	Rest	103·2 Kal.
Kot bei reiner Fleischfütterung liefert		67·7 ,,
	also mehr	35·5 Kal.

Die im Kot ausgeschiedene Zellmembran bestand einfach aus dem teilweise von Fermenten und Mikroben angegriffenen Resten der Zufuhr, sie enthielt also etwas N-Substanz und etwas Fett, etwa 0·44 g der ersten und 0·12 von letzterer. Beide zusammen repräsentieren rund 3·7 Kal., die noch in Abzug kämen, sie ändern das Gesamtresultat nicht, daß eine geringe Vermehrung der Kotbildung vorhanden ist. Das erklärt dann auch die Abweichung zwischen den Angaben der Ausnützung des direkten berechneten Kalorienverlustes und des Verlustes, der aus der Berechnung der einzelnen Nahrungsbestandteile sich ergibt.

Die Untersuchung der Nußschale bringt den Beweis, daß auch diese steinharten Massen im Darmkanal angegriffen werden und fast nicht weniger als die Zellmembran der feinsten und zartesten Gemüse. Damit kann ich die Prüfung dieser Zellmembranen in den allgemeinen Zügen als abgeschlossen betrachten, womit nicht gesagt sein soll, daß die eine oder andere weitere Untersuchung damit unnötig wird, da man doch nicht vergessen darf, daß vorläufig nur einzelne Gruppen von Stoffen bei der Analyse der Zellmembran berücksichtigt werden konnten. Aber es handelt sich zunächst darum, das ganze Gebiet der weiteren Beachtung zuzuführen.

Die Zusammensetzung der Steinpilze und ihre Verdaulichkeit.

Von

Max Rubner.

I.

Bei der Überlegung über unsere Nahrungsquellen hat man auch die Schwämme mit berücksichtigt und wie das so oft geschieht, die quantitative Bedeutung dieser ins Ungemessene überschätzt. Es ist nicht bekannt, wie groß die Erträgnisse der Sammlung von Pilzen überhaupt gewesen sein mag. Eine Zunahme des Konsums war sicher vorhanden, aber leider auch sind eine Reihe von Vergiftungen, vielleicht mehr als in anderen Jahren zu verzeichnen gewesen, obschon dringend vor dem unbedachten Sammeln gewarnt worden war. Im ganzen genommen stellen sicher die Schwämme im Verhältnis zu dem übrigen Gemüsegenuß überhaupt nur einen winzigen Bruchteil des Ernährungswertes dieser Gruppe von vegetabilischen Nahrungsmitteln dar.

Schwämme werden in manchen Ländern gar nicht gesammelt, auch in Deutschland verhält es sich in einzelnen Landesteilen ungleich. Im allgemeinen können aber die besseren Sorten als kaum entbehrliche Zutaten einer feinen Küche gelten. Sie werden im Sommer und Herbst gelegentlich gesammelt, auf den Markt gebracht oder getrocknet und aufbewahrt. Gegessen wurden die Schwämme auch im Altertum und das Trocknen zur Konservierung geht auch weit zurück. In den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden von der Bedeutung der „Pflanzengallerte und den Eiweißstoffen“ in den Champignons berichtet und der Genuß der letzteren bei Tuberkulose befürwortet. An die erste unvollkommene Analyse der Pilze schlossen sich genauere an, die einen verhältnismäßig hohen N-Gehalt bestätigten. Mit großer Zähigkeit wird auf ihren enormen Nährwert in den populären Schriften hingewiesen, und seitdem vor allem Lorinser sie 1883 „zu den der Fleischnahrung nahe-

stehenden Speisen gerechnet hat", ist diese Behauptung immer wieder reproduziert worden und von einem Druckwerk in das andere übergegangen, obschon man Dutzende von Gemüsen nennen könnte, die, rein nach der chemischen Analyse beurteilt, diese Bezeichnung mit mehr Recht verdienen würden, wenn man überhaupt im Gebiete der Vegetabilien mit solchen Analysenwerten frei operieren dürfte.

Es war von vornherein nach den zahlreichen Untersuchungen, die ich über die Ausnützung von Vegetabilien angestellt habe, anzunehmen, daß die Verdaulichkeit der N-haltigen Stoffe der Pilze sicherlich eine insoweit beschränkte sein werde, wie das etwa von einigen Gemüsesorten gezeigt worden ist. Immerhin war es wünschenswert, in dieser Richtung etwas Genaueres zu erfahren.

Eine sehr eingehende Untersuchung über die Verdaulichkeit der Steinpilze hat Saltet im Jahre 1885 veröffentlicht[1], er hat an Menschen gezeigt, daß dieser geschätzte Pilz einen Verlust von 19·1 Prozent der Trockensubstanz und 25·7 Prozent des Eiweißes erfährt. Er ist dabei so verfahren, daß er den in Alkohol und Äther unlöslichen Teil des Kotes als Rückstand der Nahrung angesehen hat. Von Uffelmann rührt die Angabe her, daß 29 bis 39 Prozent des N der Pilze unverdaulich sei.

Von dem großen Eiweißreichtum der Pilze fällt also nach diesen Untersuchungen schon ein erheblicher Bruchteil weg, im Mittel vielleicht ein Drittel, dabei ist damals noch nicht berücksichtigt worden, daß in den Pilzen ein Teil des N gar nicht als Protein vorhanden ist, sondern als Amidstoffe usw., die, weil wasserlöslich, wahrscheinlich leicht resorbiert werden, aber nicht als Eiweißnahrung bezeichnet werden können, woraus man weiter folgern müßte, daß der unverdauliche N wesentlich auf das wirkliche Protein entfällt. Diese Untersuchungen haben auf die populäre Literatur keinen Einfluß geübt, nach wie vor bleibt dort der Pilz ein der Fleischnahrung nahestehendes Gericht.

Es schien mir im Zusammenhang mit den Untersuchungen über Gemüse wünschenswert, auch die Zusammensetzung der Pilze nochmals genau zu analysieren, speziell mit Rücksicht auf die Menge und Beschaffenheit der Zellmembranen, die ja hier, bei den nicht chlorophyllführenden Pflanzen andere Ergebnisse haben könnten, wie bei den chlorophyllführenden und den Wurzelgewächsen usw.

Meine Untersuchungen fielen in die Zeit des Winters, konnten daher nur an getrocknetem Material von Steinpilzen ausgeführt werden. Die Pilze fühlten sich weich und lederartig an. 2000 g lieferten nur 842 g

---

[1] *Archiv für Hygiene.* Bd. III. S. 443.

lufttrockene Substanz mit 92·5 Prozent Trockensubstanz, sie besaßen also als Handelsware nur 39 Prozent Trockensubstanz, was sehr wenig ist. Frische Steinpilze enthalten nach König, Bd. II, S. 944 (Mittel aus vier Proben):

12·87 g		Trockensubstanz,
5·39	Prozent	Protein,
3·4	,,	Fett,
0·43	,,	Mannit,
2·292	,,	Glukose,
2·60	,,	N-freie Extrakte,
1·01	,,	Rohfaser,
0·95	,,	Asche,

auf Trockensubstanz berechnet, trifft sonach:

41·88	Prozent	Protein,
3·11	,,	Fett,
21·1	,,	Mannit und Glukose,
20·2	,,	N-freie Extrakte,
7·85	,,	Rohfaser,
7·38	,,	Asche.

Von dem Proteinstickstoff stammt nur 63 bis 81 Prozent aus Eiweiß, das Fett enthält 56 Prozent freie Fettsäuren. Neben Mannit kommt auch Trehalose vor, die beim Trocknen in ersteren übergeht. Auch Inulin soll vorhanden sein, die Pentosen betragen etwa 0·17 Prozent.

Was meine Untersuchungen anlangt, so war namentlich die Darstellung der Zellmembran schwierig, da sie ein sehr lockeres Gewirre, das gerne am Filter haftet, darstellt. Beim Ausziehen mit Wasser erhält man eine braunschwarze Flüssigkeit, schließlich nach Anwendung aller Extraktionsmittel bleibt eine grauflockige Masse zurück. Bei der Zellulosedarstellung findet erhebliches Dunkelwerden der Flüssigkeit bei der Einwirkung von Ammoniak statt.

Die Zusammensetzung von 100 g Trockensubstanz ergab folgendes:

7·94	Prozent	Asche,
92·06	,,	Organisches,
2·51	,,	Pentosen = 2·21 Prozent Pentosane,
7·26	,,	asche- und pentosanfreie Zellulose,
12·13	,,	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 0·4 g Pentose = 0·36 g Pentosane,
4·86	,,	N = 30·41 Prozent Protein,
4·05	,,	Fett.

Von diesen Ergebnissen ist zunächst der geringe Gehalt an Pentosen bemerkenswert, freilich so gering wie oben nach König angegeben, fand ich ihn nicht, denn 0·17 Prozent der frischen Substanz müßten immerhin etwa 1 Prozent der Trockensubstanz geben, meine Werte sind über doppelt so hoch.

Ein kaum zu überwindendes Hindernis für die Bestimmung der Zellulose und der Zellmembran liegt in dem Vorkommen von Chitin, das in feinen Fäden im Gewebe eingelagert ist. Chitin stört bei der Zellulosebestimmung, weil es durch die angewendeten Reagenzien nicht völlig aufgelöst wird.

Ich habe 8·99 g trockene Chitinmasse hergestellt aus Hummerschalen durch Ausziehen mit ClH, Alkohol, Äther mit chlorsaurem Kali und Salzsäure und mit Ammoniak behandelt, wobei 65·06 Prozent einer schneeweißen pulverigen Substanz übrig blieben, die einen N-Gehalt von 6·7 Prozent aufwies. Es ist also rund $^1/_3$ gelöst worden.

Wenn auch diese Chitinfäden nicht reichlich vorkommen, so ist es doch möglich, daß der Zellulosegehalt etwas zu hoch gefunden wird, doch bleibt noch zu bedenken, daß möglicherweise die feinen Pilz-Chitinfäden leichter vom Chlorat angegriffen werden, als meine Chitinprobe, die im Mörser gepulvert, immerhin an Feinheit der Zerteilung unvollkommen war. Dieselben Bedenken wie für die Zellulosebestimmung gelten auch für die Zellmembrandarstellung, doch wie ich wiederholen möchte, man darf den Einfluß des Chitins sicher nicht sehr hoch anschlagen.

In 100 Teilen Zellmembran sind demnach:

57·19	Prozent	Zellulose,
4·51	,,	Pentosan,
38·30	,,	Rest.

Die Zellmembran scheint demnach sehr zellulosereich zu sein, was übrigens bei dem geringen Gehalt an Pentosen fast im voraus erwartet werden durfte. Von den Pentosen ist nur ein recht kleiner Teil in der Zellmembran nachweisbar gewesen, rund $^1/_6$, während sonst häufig die Hauptmasse der Pentosen in diesen vorhanden ist. Im ganzen genommen ist die Pilzmasse trotz ihrer lederartigen Beschaffenheit mäßig reich an Zellmembran, der Proteinstickstoff haftet sehr fest in den Zellen, so daß ein erheblicher Teil nicht zu entfernen war. Die lederartige Beschaffenheit der Pilze muß offenbar durch die eigentümliche morphologische Anordnung der Bestandteile der Zellmembran zustande kommen. Anderes pflanzliches Material von gleichem Zellmembrangehalt war, was die Zähigkeit und den Widerstand beim Kauen anlangt, oft recht zart und leicht zu zerkleinern.

II.

Die Größe der Ausnützung nochmals festzustellen, ist ein dringendes Bedürfnis, zum Vergleich mit anderen Zellmembranen wäre es ja wünschenswert gewesen, auch für die der Steinpilze einen gesonderten Versuch anzustellen. Es schien mir aber die Verwendung großer Pilzmassen für ein solches Experiment nicht geboten, da die Rolle der Zellmembranen durch meine früheren Untersuchungen bereits geklärt ist, und insoweit Besonderheiten vorliegen sollten, sich diese auch aus einem Ausnützungsversuch mit den Pilzen selbst erledigen lassen.

Außerdem war aber letzteres nicht zu umgehen, wenn auch Saltet zweifellos im wesentlichen die Ausnutzbarkeit der Steinpilze richtig charakterisiert hat, so war nach dem Stand der Technik zur Zeit der Ausführung der Versuche durch Saltet, die Feststellung des Resorbierten so ausgeführt worden, daß der in saurem Alkohol und Äther unlösliche Kotanteil als Pilzrest angesehen wurde. Das ist nicht ganz zutreffend, da einerseits in Alkohol und Äther auch Bestandteile der Pilze übergehen, die unresorbierbar geblieben sind, nach anderer Richtung aber allerdings auch Teile des echten Kotes in den gedachten Reagenzien unlöslich bleiben. Daher wird eine Wiederholung solcher Experimente wünschenswert. Bei der Unmöglichkeit, alle Pilzbestandteile analytisch festzustellen, wurde auch die Anwendung der kalorimetrischen Untersuchungen unabweislich.

Der Tierversuch am Hund dauerte 3 Tage. Gefüttert wurden 1000 g Fleisch und 70 g lufttrockene Steinpilze obiger Zusammensetzung.

In dieser Tagesration war vorhanden:

64·75 g Trockensubstanz mit
5·14 ,, Asche,
59·60 ,, Organisches,
1·62 ,, Pentosen = 1·4 Pentosane,
4·69 ,, Reinzellulose,
7·85 ,, asche- und proteinfreie Zellmembran mit 0·26 g Pentosen = 0·22 g Pentosane,
3·14 ,, N,
2·62 ,, Fett.

Irgend etwas Bemerkenswertes hat sich beim Tierversuch nicht ergeben, doch schien der Hund die Zugabe der gepulverten Steinpilzmasse durch den Geruch wahrzunehmen. Die frischen Entleerungen waren schwarz, nahmen aber beim Trocknen eine hellere Farbe an. Der Kot hatte einen leichten Fäkalgeruch, der sich namentlich bei der weiteren Verarbeitung

recht deutlich fühlbar machte. Die Menge der täglich im Kot entleerten Trockensubstanz war:

45·2 g.

Diese Ausscheidungen hatten folgende Zusammensetzung für 100 Teile trocken:

31·7 Prozent Asche,
68·3 „ Organisch,
2·82 „ Pentosen = 2·49 Prozent Pentosan,
7·12 „ Reinzellulose,
12·45 „ Reinzellmembran mit 0·637 g Pentosen = 0·562 Prozent Pentosan,
4·86 „ N,
6·87 „ Fett.

Bemerkenswert ist der hohe Fettgehalt des Kotes, der, auf organische Substanz berechnet, nicht weniger als 10·06 Prozent beträgt.

In der Tagesausscheidung von 45·2 g war vorhanden:

14·3 g Asche,
30·9 „ Organisch,
1·27 „ Pentose = 1·12 g Pentosan,
3·22 „ Reinzellulose,
5·62 „ Reinzellmembran = 0·29 g Pentose = 0·254 g Pentosan,
2·20 „ N,
3·10 „ Fett.

1 g trockener Kot gab 3·762 kg-cal.
1 g Organisch = 4·389 „

Im Kot erscheinen also wieder reichlich Pentosen und auch Zellmembranen. Ich gehe zuerst an die allgemeine Betrachtung aller Stoffe, soweit sie durch die kalorimetrische Untersuchung getroffen werden. Die aufgenommenen Steinpilze geben pro Gramm 4·420 kg-cal. pro 1 g Organisch = 4·800 kg-cal. Im ganzen betrug der Verbrennungswert der gefütterten Steinpilze 285·8 kg-cal.

Der Verbrennungswert obigen Kotes war insgesamt	169·9 kg-cal.
Darin wird enthalten sein vom gefütterten Fleisch	67·7 „
also Zuwachs durch die Steinpilze	102·2 kg-cal.

= Verlust. Daraus berechnet sich als Gesamtverlust aller organischen Substanzen der Steinpilze **35·75 Prozent**.

Das ist ein sehr erheblicher Verlust; die unverdaut abgehenden Pilzbestandteile drücken auch die Verbrennungswärme des Kotes herunter. Sie sollten nach meinen Bestimmungen pro 1 g organisch 6·284 Kal. betragen, wenn es reiner Fleischkot wäre, hier aber fand sich nur 4·389 kg-cal. pro 1 g organisch.

Was die Resorption der N-Substanzen anlangt, so ergibt die einfache Aufrechnung folgendes:

Entleert wurden pro Tag	2·20 g N
bei reiner Fleischfütterung wird abgegeben . . .	1·09 ,, ,,
somit Überschuß im Kot	1·11 g N

welcher durch die Zufuhr der Pilze bedingt ist. Das macht in Prozenten

35·35 Prozent

aus = Verlust bei der Ausnützung.

Der N-Verlust ist also fast genau so groß wie der Gesamtenergieverlust.

Saltet hat einen Verlust der Trockensubstanz von 19 Prozent und des N von 25·7 Prozent gefunden; es könnte ja möglich sein, daß in der Tat zwischen einzelnen Ernten der Steinpilze solche Unterschiede vorkommen oder daß meine getrockneten Pilze etwas schwerer resorbierbar waren als das frischere Material Saltets. Ich glaube aber, richtiger noch wird der Unterschied durch die Methodik der Untersuchung erklärt. Bei Saltet blieb als Kotrest nach seiner Bestimmungsmethode nur fettfreie Substanz zurück, während das Fett der Pilze nicht gut resorbierbar ist und namentlich bei der kalorimetrischen Messung, die allein einwandfreie Resultate gibt, stark ins Gewicht fällt. Unter diesen Gesichtspunkten betrachtet, klären sich die Unterschiede also auf.

Ein Grund, warum der N verhältnismäßig schwer ausgenützt wird, liegt darin, wie ich schon erwähnt habe, daß das Protein in den Zellmembranen zum Teil ganz fest eingeschlossen ist, diesen Teil kann ich nach meinen Analysen berechnen. Es ergab sich, daß in den isolierten Zellmembranen pro Tag immer noch 1·09 g N enthalten war, das ist fast genau so viel, wie in dem Kote nach Pilzfütterung überhaupt an N mehr als an dem Fleischtage ausgeschieden worden ist. Die Unverdaulichkeit hängt also hier ähnlich wie bei der Kleie mit dem Einschluß wertvoller Nahrungsbestandteile in unverdaulicher Zellhülle zusammen.

III.

Unser Interesse konzentriert sich weiter auf das Verhalten der Zellmembran und der Zellulose selbst. Es betrug der Verlust:

70·43 Prozent an Pentosen überhaupt,
100 ,, an Pentosen, die in der Zellmembran enthalten sind,
74·28 ,, an Zellmembran überhaupt,
68·65 ,, an Zellulose,
73·71 an Restsubstanz der Zellmembran.

Bei der Berechnung ist zu beachten, daß der Hundekot nach Fleischfütterung auch Pentosen enthält. Diese kleinen Mengen können gewöhnlich außer Betracht bleiben, weil mit dem pflanzlichen Nahrungsmaterial so reichlich Pentosen ausgeschieden werden, daß dieser vom Fleisch herrührende Pentosenanteil verschwindend ist. Hier bei der Fütterung mit Pilzen kann man diesen Anteil nicht vernachlässigen, er betrug pro Tag = 0·129 g Pentosen. Bei einer Pentosenausscheidung von 1·27 g pro Tag sind also 0·129 g abzuziehen, also rühren nur 1·141 g von den Steinpilzen her. Es sind also 70·43 Prozent aller Pentosen unresorbierbar gewesen. Sämtliche an die Zellmembran gebundene Pentosane sind wieder in den Ausscheidungen enthalten gewesen, die Einfuhr betrug 0·26, in den Zellmembranen im Kot wurden 0·29 g wieder gefunden, es lag somit ein geringer Fehler der Bestimmung vor, der bei der Kleinheit der Werte begreiflich ist. Vielleicht ist auch nicht auszuschließen, daß Spuren anderer Pentosen in den Zellen der Zellmembran eingeschlossen blieben. Das Resultat ist insofern bemerkenswert, als hier zum erstenmal eine Zellmembran vorliegt, welche die Pentose zäh zurückhält, während sonst die Pentosane sich zum mindesten als teilweise löslich erwiesen haben. Die Zellulose ist so ungünstig ausgenutzt worden, als wenn Holz vorgelegen hätte. Die Restsubstanzen zeigen auch hier keine von der Zellmembran abweichende Löslichkeit. Man hat also den Eindruck, daß hier eine sehr festgefügte Zellmembran das Gerüst des Pilzes bildet, welches zwar nicht unauflöslich ist, aber schwerer auflösbar als Birkenholz mit einem sehr innigen Verband der drei die Zellwand bildenden Stoffgruppen.

Zwischen der Zusammensetzung der gefütterten und verdauten Zellmembran ist kein wesentlicher Unterschied.

100 Teile Zellmembran enthalten:

Zufuhr	Zellmembran aus Kot	
59·85 Prozent	57·19 Prozent	Zellulose
2·97 ,,	4·51 ,,	Pentosane
37·18 ,,	38·30 ,,	Rest

Beachtenswert bleibt, daß von den Pentosen oder Pentosanen, die nicht im Verbande der Zellmembranen stehen, ein so erheblicher Anteil unresorbiert geblieben ist.

Die Frage, ob mit der Zufuhr der Pilze eine Anregung der Darmtätigkeit unter Vermehrung von Kotbestandteilen, d. h. Resten der Verdauungssäften stattgefunden hat, läßt sich nicht scharf beantworten, da die kalorimetrische Untersuchung der Zellmembran bei der kleinen Menge, welche überhaupt im Kot ausgeschieden worden war, nicht ausgeführt werden konnte. Zweifellos ist auch das Fett in den Steinpilzen unvollkommen aufgenommen worden und es sind möglicherweise auch andere Pilzbestandteile unresorbiert geblieben, die analytisch nicht faßbar sind, nach einer Schätzung glaube ich annehmen zu dürfen, daß eine Mehrbildung von Kotstoffwechselprodukten nicht eingetreten ist.

Beziehungen des Plethysmogramms und der Blutdruckkurve bei Muskelarbeit zur Qualität des Herzens.

Von

Dr. Felix Meyer
(Kissingen-Berlin).

(Aus der physikalisch-psychologischen Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie.) (Winter 1913/14.)

Infolge einer Anregung und unter Leitung von Prof. Ernst Weber (physikal.-psycholog. Abteilung des Kaiser Wilhelm-Institutes für Arbeitsphysiologie) beschloß ich die von E. Weber für den gesunden Menschen gefundene Gesetze der Blutverschiebungen bei Muskelarbeit auf Menschen mit geschwächten Herzen anzuwenden, indem ich mich der von E. Weber modifizierten Methoden der fortlaufenden Registrierung des Blutdruckes und des Plethysmogrammes bediente. E. Weber[1] hat in verschiedenen Publikationen dargetan, daß bei Ausführung von anstrengender Muskelarbeit eine bestimmte Blutverschiebung im menschlichen Körper eintritt. Der Vorgang war gemäß seinen Beobachtungen am Menschen mittels des von ihm konstruierten Darmplethysmograph und der Mossoschen Wage sowie verschiedener Extremitäten-Plethysmographen der, daß die Splanchnicusgefäße sich verengern und die Muskelgefäße des Rumpfes und der Extremitäten sich aktiv erweitern, daß also im ganzen eine Verschiebung einer größeren Blutmenge von den Bauchorganen zu den äußeren muskulären Teilen des Rumpfes und der Glieder eintritt. Diese Blutverschiebung dient, teleologisch betrachtet, dazu, vermehrten Sauerstoff den angestrengt arbeitenden Muskelfasern durch die Zirkulation größere Blutmengen zuzuführen und die Ermüdungsstoffe fortzuschwemmen, um so die Leistungsfähigkeit zu steigern. Führte nun

---

[1] Ernst Weber, *Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper.* Berlin 1910.

E. Weber[1] eine Ermüdung der Versuchspersonen herbei, sei es durch lokale Ermüdung einzelner Muskelgruppen oder durch Dauerlauf oder Wettschwimmen, so trat die interessante Erscheinung einer entgegengesetzten Gefäßreaktion ein, die Kurve wurde negativ, die peripheren Muskelgefäße und Kapillaren verengerten sich. Dabei war es interessant, daß diese Reaktion nicht etwa sofort nach der ermüdenden Arbeitsanstrengung, sondern erst nach einer Arbeitspause von etwa $^1/_4$ Stunde eintrat.

Weber nahm nun an und konnte durch das Experiment beweisen, daß es sich hauptsächlich dabei um eine Ermüdung des Gehirns, bzw. der motorischen Sphäre der Hirnrinde handelt, die zur Umkehr der Blutverschiebung bei ermüdender Muskelarbeit führte.[2] Die Ermüdungserscheinung ist zunächst eine Gefäßreaktion, also abhängig von der jeweiligen Beschaffenheit des Gefäßzentrums. Man darf jedoch nicht vergessen, daß die größere Blutmenge, die zur Neutralisation und Unschädlichmachung der Ermüdungsstoffe von den peripheren Gefäßen für die arbeitenden Organe beansprucht werden, vom Zentralmotor, dem Herzen dorthin geworfen wird, und daß die Ermüdung also auch von Akkommodationsfähigkeit und Intaktheit dieses Organes abhängt. Deshalb mußte es interessant sein, dieselben Reaktionen bei Versuchspersonen vorzunehmen, von denen es bekannt war, daß der Motor des strömenden Blutes, ihr Herz, Schaden erlitten hatte. Denn bei der außerordentlichen Akkommodationsfähigkeit des Herzens, das sich im normalen Zustande allen Anforderungen augenblicklich und ausreichend anpaßt, könnte man gewiß, so war meine Annahme, aus Abweichungen der Blutverschiebungen im Plethysmogramm vom Normaltyp sowohl direkt auf eine veränderte Anspruchsfähigkeit des Gefäßzentrums als auch indirekt auf Änderung der Qualität des Herzens schließen. Wenn auch nach dem E. Weberschen einwandsfreien Untersuchungen die Hirnrinde und das von ihr beeinflußte Vasomotorenzentrum bestimmender Faktor bei der Blutverschiebung ist, wie er dies durch das Eintreten der positiven Erhebung der Kurve bei Versuchspersonen im hypnotischen Zustand durch einfache Suggestion der Bewegungsvorstellung bewies, so ist doch der ausübende Faktor das Herz, das die Hirnrinde mit zulänglichem oder unzulänglichem Blut ernährt. Und wiederum ist es bei dem

[1] Ernst Weber, Der Nachweis der durch Muskelarbeit herbeigeführten zentralen Ermüdung durch die Veränderung der bei Muskelarbeit eintretenden Blutverschiebung. *Dies Archiv.* 1914. Physiol. Abtlg. S. 290.

[2] Ernst Weber, Das Verhältnis der Muskelermüdung zur Gehirnermüdung bei Muskelarbeit. *Dies Archiv.* 1914. Physiol. Abtlg. S. 305.

Herzen die Herzmuskulatur und ihre wunderbare Eigenschaft der Elastizität und Kontraktilität, deren Intaktheit die richtige Blutversorgung der arbeitenden Organe verbürgt. Daher mußte a priori eine Qualitätsänderung des Herzmuskels am ehesten in der Registrierung der Blutverschiebungen zum Ausdruck kommen. Denn auch die von Ganglienzellen und jeder Nervenverbindung völlig befreiten Herzkammern besitzen jene Fähigkeit der Elastizität und Kontraktilität wie das unversehrte Organ (vgl. den nervenlosen Herzhund von Friedenthal und von Kraytel). Es mußten also, wenn überhaupt dem Herzen bei den Blutverschiebungen im Plethysmogramm eine Rolle zukam, bei den Erkrankungen des Herzmuskels deutliche Veränderungen wahrnehmbar sein und diese Beobachtung die Geltung eines physiologischen Experimentes haben. Umgekehrt dürfte alsdann aus dem veränderten Bild der Volumkurve auf eine Ermüdung des Myokards bzw. auf ein Fehlen von Reservekraft bei vermehrter Herzarbeit zu schließen sein.

Da man sich bisher über diese Verhältnisse mittels Riva-Rocci oder Uskoff gemessenen oder geschriebenen absoluten Blutdruck- oder Blutdrucksamplituden Zahlen orientierte, so ließ ich auch gleichzeitig den Blutdruck schreiben und zwar als fortlaufende Registrierung nach dem Vorgang von Ernst Weber[1], mit dem als Blutdruckschreiber benutzten Mossoschen Fingerplethysmographen. Hierbei bedeutete nach den Weberschen Studien eine Vergrößerung der einzelnen Pulsausschläge eine Blutdrucksteigerung, eine Verkleinerung derselben Blutdrucksenkung. Man kann so die Schwankungen der Blutdruckkurve während der Arbeit im Vergleich zu den Änderungen der Volumkurve bringen. Denn beide Kurven laufen keineswegs immer gleichsinnig, es brauchen die Vorgänge in den Kapillaren nicht den Änderungen im Arterienrohr der Extremitäten zu gleichen oder zu folgen. Sehr wichtig war ferner die gleichzeitige Schreibung der Atemkurve mit dem Brondegestschen Pneumograph, weil verstärkte oder verhaltene Inspiration auf Volum- und Blutdruckkurve schon bei Gesunden einwirkt, und wie Mossler[2] zeigen konnte, in umgekehrter Weise eine Änderung des Blutdruckes wie des Plethysmogrammes herbeiführt.

Kurz zusammengefaßt gestaltete sich die Untersuchung folgendermaßen: Die mir von Herrn Dr. Rehfisch, dem ich an dieser Stelle meinen

[1] Ernst Weber, Zur fortlaufenden Registrierung der Schwankungen des menschlichen Blutdrucks. Die Änderung des Blutdrucks durch Bewegungsvorstellung. *Dies Archiv.* 1913. Physiol. Abtlg. S. 205.

[2] Ernst Mossler, Atmung, Blutverteilung und Blutdruck. *Ebenda.* 1913. Physiol. Abtlg. S. 399.

Dank ausspreche, aus seiner Spezialherzklinik mit fertiger Diagnose zugeschickten Patienten wurden im ausgeruhten Zustand so untersucht, daß ihr rechter Unterarm absolut in einem mit warmen Wasser umgebenen Mosso-Lehmannschen Plethysmographen rechtwinklig fixiert, und der Pletysmograph mit einer Mareyschen Kapsel verbunden wurde, welche die Schwankungen der Wassersäule durch Luftübertragung an einen langsam rotierenden Kymographion registrierte. Eine weitere Kapsel wurde mit einem um den Leib geschnallten Brondgenstschen Pneumographen und eine dritte mit dem Manometer des den Blutdruck registrierenden Mossoschen QuecksilberFingerplethysmographen verbunden. Alsdann wurde nach der Methode E. Webers ein Bein rechtwinklig über eine gepolsterte Stütze gehängt, so daß es frei schwebte und als einzige Bewegung eine kräftige Dorsal- und Plantarflexion des Fußes ausführen konnte ohne bei der Registrierung den Plethysmographen zu erschüttern. Wollte ich die Muskelgruppe ermüden, so ließ ich etwa 10 Minuten nach dem Vorgang von E. Weber in einem von ihm angegebenen Fußergographen arbeiten.

Blutdruckkurve

Plethysmogr. Volumkurve

Atmungskurve

Fig. 1.
Myodegeneratio cordis. Dilatatio cordis.
Von + Ermüdungskurve bis — Fußkontraktion.
Bei + sinkt die Kurve bedeutend unter die Horizontale.

Als Beispiele für die normalen Verhältnisse können die Kurven E. Webers im Archiv 1914 eingesehen werden.

Die Fig. 1 zeigt das typische Absinken der Volumkurve bei und im Augenblick einer Arbeitsleistung (Fußkontraktion) bei einem Manne mit myodegeneriertem und dilatiertem Herzen. Die obere Kurve stellt den

gleichzeitig aufgenommenen Blutdruck dar, die untere zeigt wiederum die Atmung.

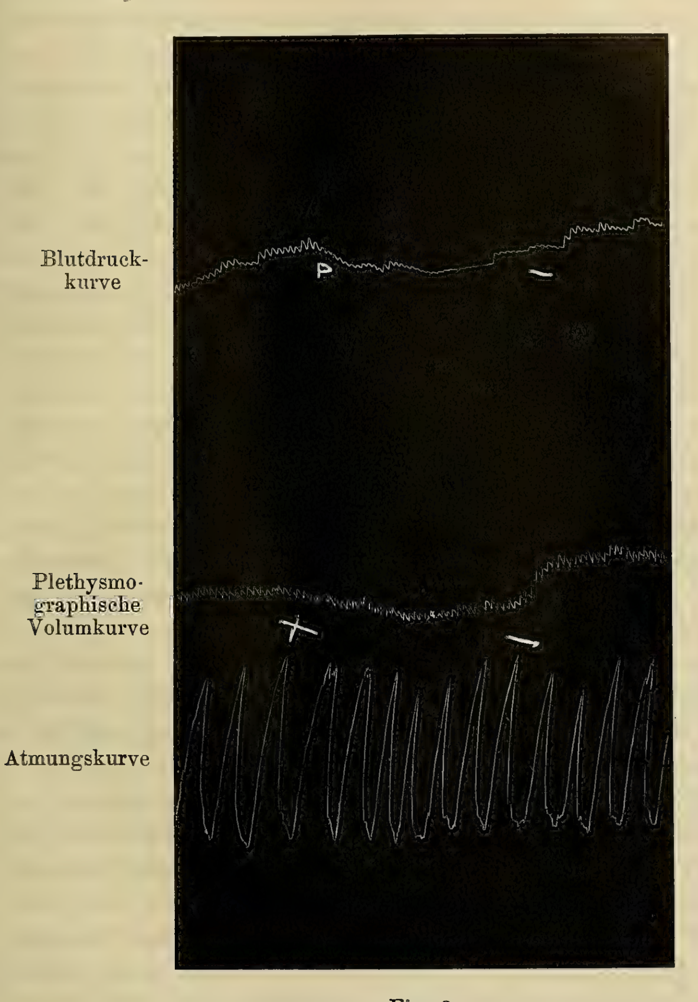


Fig. 2.
Straube, Adipositas cordis.
Fettherz. Bei Einsetzen der Arbeitsleistung bei + sinkt die Kurve etwas, und steigt bei Aufhören derselben bei — wieder an. Die Ausschläge des Blutdruckschreibers werden bei + kleiner, bei — wieder größer.

Ein ähnliches Bild zeigt Fig. 2. Die mittlere (in die Atmungskurve sich hineinschiebende) Kurve ist die Volumkurve bei einem Manne mit Fettherz während einer Arbeitsleistung. Bei + fällt die Kurve und steigt bei — wieder an.

Nach den E. Weberschen Versuchen erleidet die normal ansteigende oder positive Kurve des Plethysmogrammes, welche während der Arbeit einer Muskelgruppe bei gesundem Herzen durch Blutverschiebung geschrieben wird, eine Umkehrung, ein Abfallen der Kurve mit langsamen Wiederanstieg nach Beendigung der Probearbeit, wenn diese Muskelgruppe oder der Körper durch vorhergehende Arbeit völlig erschöpft ist. Diese sogenannte Ermüdungskurve sah ich nun bei allen den Fällen spontan eintreten, bei denen klinisch die Diagnose Myodegeneratio cordis oder Myocarditis gestellt worden war, d. h. schon bei der relativ leichten Probearbeit im ausgeruhten Zustand des Körpers, ohne daß die Arbeiten der Muskelgruppe oder der ganzen Körper ermüdet worden wären. Dieses negative Kurvenbild war bei allen (10) untersuchten Fällen mit erkrankter Herzmuskulatur zu erkennen. Das gleiche Phänomen boten die mit der Diagnose Fettherz mir überwiesenen Personen. Im Gegensatz zu dieser Gruppe mit verändertem oder schwachem Herzmuskel, zeigten die Herzkranken, welche rein nervöse Störungen, Neurosen, Neurasthenie und Nervositas cordis aufwiesen, ein positives, normales Plethysmogramm. Wie ist diese Tatsache zu deuten, wie der Unterschied zu erklären? Das myocarditische Herz genügt im besten Falle den Ansprüchen der Ruhe, wird jeder vergrößerten Anforderung gegenüber aber leistungsunfähig. Diese Ermüdungserscheinungen gibt es, wie aus dem täglichen Leben bekannt, auch für das gesunde Herz bei allgemeiner Muskelermüdung. Aber wie der Skelettmuskel sich wieder erholt, wenn die anstrengende oder einwirkende Ermüdung fortfällt, so erholt sich das angestrengte aber gesunde Herz in der Ruhe wieder. Hat es vorher auch Ermüdungskurven geschrieben, so wird es nach gewisser Zeit wieder Normalkurven schreiben. Anders das myocardkranke Organ. Es zeigt die Erscheinungen der Ermüdung leicht und frühzeitig und es erscheint deshalb schon bei der geringsten Muskelarbeit im Plethysmogramm eine Ermüdungskurve. Es ist zum Unterschiede beim gesunden Herzen nach Krehl[1] funktionell überdehnt oder überanstrengt. Durch die Muskelarbeit strömt vermehrt Blut zum Herzen, dessen Muskelfasern sich durch die Entzündung oder fettige Entartung nur unvollständig zusammenziehen. Das mit Ermüdungsstoffen überladene Blut verweilt länger in den Herzkammern oder passiert nur langsam den Lungenkreislauf um sich zu arterialisieren. Inzwischen erleidet die Hirnrinde,

---

[1] Nach E. Weber kann die Ermüdung nur die Muskelgefäße betreffen, und noch nicht die Bauchgefäße, so daß die Drucksteigerung als allgemeine Gefäßverengerung erscheint.

welche die motorischen oder die vasomotorischen Impulse ausschickt, Not, ihre feine Struktur wird schlechter ernährt und ihre Funktionen ermüden. So kommt es, daß bei dem myocardkranken Menschen, dem in der Ruhe die Kreislaufstörung noch nicht anzusehen ist, schon bei der relativ geringen Muskelanstrengung der Probearbeit eine Umkehrung der Volumkurve eintreten kann, während die Blutdruckkurve noch die während der Arbeit normal auftretende Blutdrucksteigerung angibt. Denn der arterielle Druck ist ja nicht nur von der Herzkraft und Schlagvolum, sondern auch von dem Widerstand im Gefäßsystem von der Menge und Viskosität des Blutes abhängig, und sagt im Grunde genommen nur über den Seitendruck im Gefäßsystem aus. Seine Höhe ist also nicht nur vom Herzen abhängig, sondern auch vom Tonus des Gefäßrohres, das sich aktiv erweitert oder verengt. Die Regulierungsmechanismen sind viel zu verwickelt als daß wir uns aus einer einmaligen Messung, sei es des maximalen, wie des minimalen Druckes oder der Berechnung der Amplitude und über die Reservekraft des Herzens ein Bild machen könnten. Näher würde uns schon die Registrierung der Schwankungen des Blutdruckes während der Arbeit führen, wie ich sie oben nach E. Weber zitiert habe und deren Bearbeitung ich mir für eine weitere Beobachtungsreihe pathologischer Fälle vorbehalte. Allein, schon aus den bisherigen Beobachtungen, die mir zu Gebote stehen, geht hervor, daß der Kontraktionszustand der Gefäße dabei wohl eine erhebliche Rolle spielt. Es wäre sonst nicht zu erklären, daß bei dem Myokardkranken dilatierter Herzen, ebenso wie bei den künstlich ermüdeten während der Probearbeit ein steigender Blutdruck, dagegen bei Fettherzen ein sinkender Blutdruck geschrieben wird. Auch würde es nicht so ganz mit unserer sonstigen Auffassung der Gefäßerkrankung übereinstimmen, daß besonders bei Neurasthenikern, Vasomotorikern und Basedowkranken der Blutdruck sich während der Arbeit gewaltig erhöht, wenn nicht einerseits das Spiel der Gefäßnerven, andererseits der Tonus der Gefäßwand bei der Bildung des Blutdruckes eine Rolle zukäme. Die plethysmographische Kurve dagegen ist eine Volumkurve, die Schwankungen derselben sind von den Volumvariationen des Armes bedingt, d. h. von den Variationen der arteriellen Zufuhr zu den Kapillaren und der verstärkten Ansaugung des venösen Blutes, der Muskel und der Haut. Der Nachweis, daß in der Muskulatur während der Tätigkeit eine viel größere Blutmenge enthalten ist, als in der Ruhe, wurde schon von Ranke und Spehl erbracht, allerdings nur durch die rohe und unsichere Methode der stärkeren Blutung aus angeschnittenen Gefäßen. Die Weite der Kapillaren ist unabhängig vom augenblicklich stattfindendenden Blutdruck. Ihre Muskelwand ist in reichlichen Mengen durch Nerven mit dem

sympathischen System verbunden. Der Aortendruck aber wird vom Körper durch alle möglichen Regulationsmechanismen (Verengerung arterieller Gebiete usw.) lange auf normaler Höhe gehalten, während er

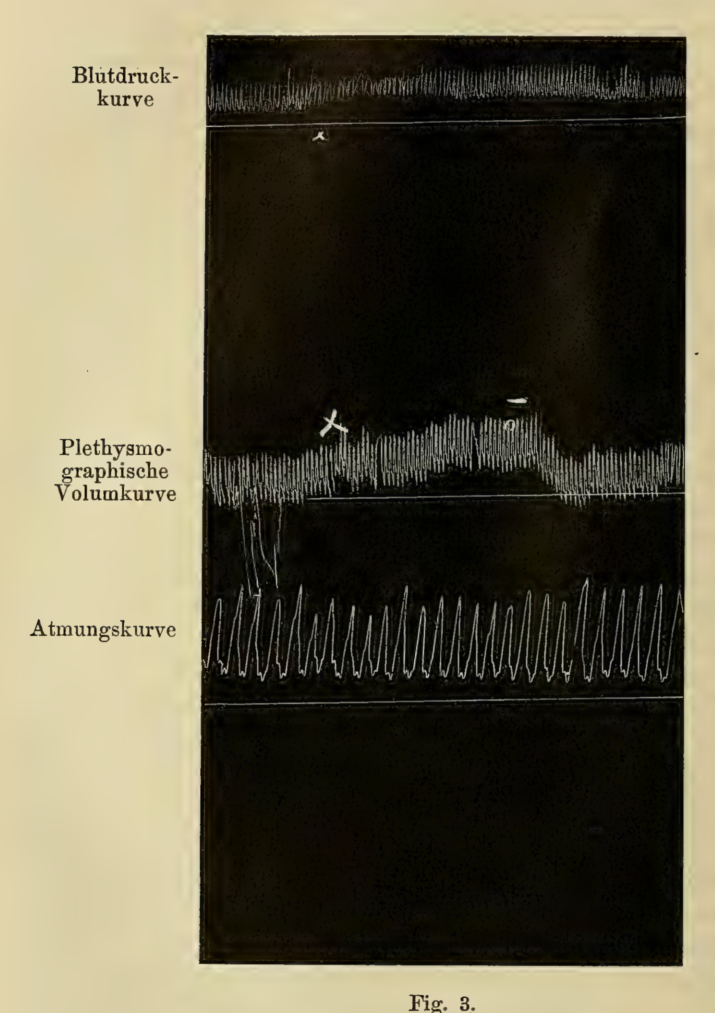


Fig. 3.
Kubin, Aorteninsuff. luet.
Kurve bei Aorteninsuff. mit ansteigendem Plethysmogramm bei Arbeitsleistung.

andererseits durch einen starken Tonus periphärer Gefäße allein erhöht sein kann, ohne daß das Herz dabei wesentlich beteiligt zu sein braucht. Es müßte doch, wenn bei angestrengter Tätigkeit die Gefäße großer Muskelgruppen sich erweitern, der Blutdruck sinken. Tatsächlich steigt

aber, wie Zuntz und Tangl[1] nachwiesen, durch Kompensation an anderen Orten der Blutdruck. Deshalb sehen wir bei künstlicher Ermüdung den Blutdruck noch steigen, während die Volumkurve negativ wird. Nach

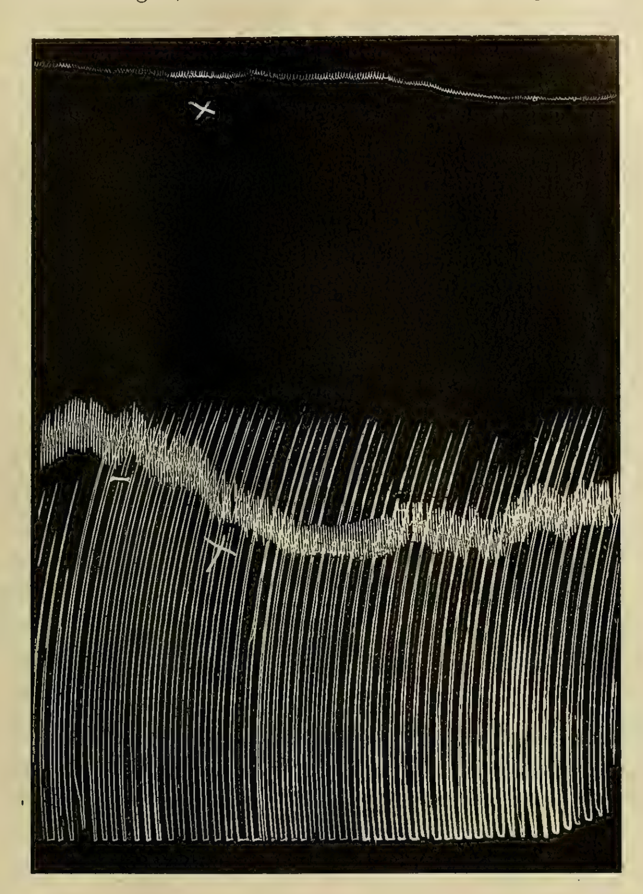


Fig. 4.
Stahlberg, Aorteninsuff. und Mitralstenose, Hypertroph. cordis.
Ermüdungskurve bei Aortenfehler.
Die mittlere Kurve ist die plethysmogr. Volumkurve, beim Einsetzen der Arbeitsleistung sinkt dieselbe bedeutend und steigt erst allmählich nach Aufhören der Arbeit an.
Die obere Kurve verzeichnet den Blutdruck, deren Einzelausschläge größer werden.
Die untere Kurve ist die Atmungskurve; die Trommel war etwas stark gespannt.

Webers Versuchen ist in erster Linie das Verhalten der Bauchgefäße maßgebend, werden diese bei schwacher Muskulatur des Herzens von

[1] Pflügers *Archiv für Physiologie.* Bd. LXX. S. 544.

diesen nicht ausgeschöpft, so sinkt die Volumkurve bei Arbeitsleistung während der Blutdruck noch steigen kann. Daß es nun von der Leistungsfähigkeit oder des Herzmuskels abhängt, ob bei Muskelarbeit eine positive oder negative Kurve geschrieben wird, erhellt deutlich aus den Resultaten, welche ich bei Klappenfehlern des Herzens gewann. Da sind zunächst die Aorteninsuffizienzen. Hier sah ich das eine Mal eine positive, das andere Mal eine negative Kurve. Das ist ziemlich verständlich (Figg. 3 u. 4). Wir wissen aus der Klinik wie aus dem Tierexperiment, daß die Aorteninsuffizienz an sich wenig für die Funktionstüchtigkeit des Herzens ausmacht. Tiere mit Herzvergrößerung infolge von Aorteninsuffizienz erfüllen alle Anforderung an ihre Muskel. Ich habe früher bei Hunden nach dem Vorgang von O. Rosenbach von der Carotis aus Aortenklappenzerreißungen gemacht und die Tiere im Göpel angestrengt laufen lassen. Sie bewältigten diese Arbeit ausgezeichnet und zeigten keine subjektiven Ermüdungserscheinungen. Romberg und Hasenfeld setzten bei Tieren hohe Widerstände für den Herzmuskel durch starke Füllungen der Kammern und beträchtliche Widerstände für die Entleerung. Sie erzielten hypertrophische Herzen, deren Reservekraft aber dieselbe Fähigkeit zu gesteigerter Arbeit zeigte wie der Gesunde. Der Klappenfehler an sich ist nicht daran Schuld, wenn das Herz sich den Anforderungen des Körpers nicht mehr gewachsen zeigt, sondern die Intensität und Beschaffenheit der Myokarderkrankung. Deshalb sah ich bei einigen (meist luetischen) Aorteninsuffizienzen ein negatives Plethysmogramm (Fig. 4), während andere Aorteninsuffizienzien positive aufwiesen. Ebenso nahm ich bei einer kompensierten Mitralinsuffizienz eine positive Kurve und bei einer Pulmonalinsuffizienz negative Kurve auf. Ein Mitralklappenfehler braucht bei guter Herzmuskulatur funktionell kaum eine Störung zu machen. Gleichwohl deutet die leichtere Umkehrung der steigenden Kurve in die Horizontale bzw. sogar in die negative Ermüdungskurve bei gar nicht so langer Ausdehnung der Probearbeit auf die Schwäche der Herzmuskulatur hin, und auch das Neurasthenikerherz zeigt in der leichten Ermüdbarkeit die Abweichung vom Normalherz. Doch tritt bei den nervösen Herzen nicht immer eine Umkehrung der Kurve ein. Über diese Verhältnisse, namentlich das Verhalten der Volumkurve bei Klappenfehlern, werden weitere Arbeiten aus dem Institute folgen.

Metzger & Wittig, Leipzig.

ARCHIV
FÜR
ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN
VON
DR. WILHELM WALDEYER,
PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN
UND
DR. MAX RUBNER,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1915.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG.

SECHSTES HEFT.

MIT SECHS FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1916

Inhalt.

Seite

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis und 30 ℳ Honorar für den Druckbogen zu 16 Seiten.

Beiträge für die anatomische Abteilung sind an

Professor Dr. **Wilhelm Waldeyer** oder an Professor Dr. **H. Virchow** oder an Dr. **P. Röthig**, sämtlich in Berlin N.W., Luisenstr. 56,

Beiträge für die physiologische Abteilung an

Professor Dr. **Max Rubner** in Berlin W., Kurfürstendamm 241 III

portofrei einzusenden. — Zeichnungen zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf vom Manuskript getrennten Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, unter Berücksichtigung der Formatverhältnisse des Archives, eine Zusammenstellung, die dem Lithographen als Vorlage für die Anordnung dienen kann, beizulegen.

Anhäufung von Fett in Pflanzenzellen, speziell Hefe.

Von

Dr. Th. Bokorny.

Mikrochemischer Befund bei Hefe; Chemie und Physiologie des Hefefettes.

Da der Fettgehalt der Hefe jetzt viel diskutiert wird, sei zunächst von den Hefezellen die Rede.

Das Fett findet sich zum Teil in den Vakuol-Fett-Eiweißkörpern, die von Will auch geradezu Ölkörper genannt werden, vor.

Sie färben sich mit Jod gelb wie das Plasma, mit Überosmiumsäure braunschwarz.

Henneberg nimmt aber an, daß sie nur bisweilen einen Oleingehalt besitzen, oder daß sie sich mit anderen auf Osmiumzusatz braunfärbenden Vakuoleinschlüssen vereinigen können.[1]

Diese Gebilde sind runde, in der Vakuole hin und her schwingende Körper mit mäßig starkem Lichtbrechungsvermögen, die für manche Heferassen (z. B. Weißbierhefe) sehr charakteristisch sind.

H. unterscheidet zwischen typischen Vakuolkörpern (diese sollen Fermente wie die Zymase enthalten) und Vakuolfettkörpern; beide liegen oft dicht nebeneinander.

Die Vakuolfettkörper sind rund oder rundlich, von starker Lichtbrechung, bisweilen beweglich (in sog. Molekularbewegung begriffen), nach Methylenblaulösungzusatz ungefärbt, dagegen nach Zusatz von Sudan oder Alkana rot gefärbt.

„Wie die Versuche zeigen, ist das Fett manchmal zum größten Teile zunächst im Zelleiweiß in sehr feiner Verteilung (‚Lösung') vorhanden. Bei langsamem Absterben (z. B. durch sehr dünnen Formaldehyd) wird es (wie auch zuweilen das Glykogen) aus dem Plasma in die Vakuole als

[1] *Bakt. Zentralbl.* 26. Febr. 1916.

Tropfen eingepreßt, die einzelnen Massen fließen dann nicht selten zu einem größeren Tropfen zusammen."

Nach H. Will[1] sollen die Fettropfen in den Dauerzellen der Hefe nicht homogene Öltropfen sein, sondern ein Eiweißgerüst besitzen.

Kräftig vegetierende und alternde Hefe ist meist ziemlich reich an Fett, das häufig, aber nicht immer, in Form von Tropfen im Zytoplasma liegt.

Der Fettgehalt beträgt in lebhaft wachsender Hefe etwa 2 bis 5 Prozent der Trockensubstanz.

Bei alten Hefen kann der Fettgehalt beträchtlich höhere Werte erreichen; er steigt nicht selten auf 10 bis 13 Prozent, in 15 Jahre lang in Bier aufbewahrter Hefe fand man in einem Falle den Fettgehalt auf 52 Prozent angestiegen. Hungernde Hefen findet man stets ärmer an Fett, ebenso verringert sich der Fettgehalt der Hefezellen, wenn sie sprossen.[2]

„Das Hefefett war man geneigt, als nicht wieder im Stoffwechsel verwertbares Sekret zu betrachten.

Allerdings vermögen mit wenigen Ausnahmen die verschiedensten Sacharomycesarten Fett des Nährsubstrates nicht auszunutzen.

Nur eine von van Tieghem mit dem Namen Sacharomyces olei belegte Art vermochte auf Fettnährböden zu gedeihen und später isolierte Rogers eine fettspaltende Torulahefe aus Büchsenbutter, bei der die Fähigkeit, Fett zu zerlegen, allerdings nur in geringem Grade entwickelt war.

Es liegt aber auf der Hand, daß die Untauglichkeit der Hefe zur Fettresorption aus einem Substrat nicht beweisen kann, daß das in der Hefezelle selbst gebildete Fett ein im Stoffwechsel nicht wieder verwertbares Sekret darstelle.

Das fettspaltende Enzym der Hefe könnte ja genau wie die Zymase ein Endoenzym sein, welches zwar nicht außerhalb der Zelle zu arbeiten vermag, weil es nicht exosmieren kann, wohl aber in derselben.

Darüber können natürlich nur kontinuierliche Beobachtungen an derselben Hefezelle, z. B. beim Sprossen oder bei der Sporulation, Aufschluß geben."[3]

Inzwischen ist das Vorkommen von Lipasen in Hefen von Laxa nachgewiesen worden.

---

[1] *Ztschr. allg. Brauwesen.* 1985. Nr. 27, 28. *Zentralbl. f. Bakt.* 11. 1895. Bd. II. S. 760.

[2] Kohl, *Hefepilze.* S. 41.

[3] Kohl, a. a. O.

Doch ist über ihre Wirksamkeit nichts Näheres bekannt geworden.

Jedenfalls sind sie am Verbrauch und an der Speicherung von Fett beteiligt.

Im Hefepreßsaft scheinen die Lipasen die Gärwirkung dadurch ungünstig zu beeinflussen, daß sie das Co-Enzym spalten und dadurch unwirksam machen.

Über die chemische Zusammensetzung des Hefefettes ist bekannt geworden, daß dasselbe zum Teil aus freien Fettsäuren, zum Teil aus Neutralfett besteht.

Unter den freien Fettsäuren wurde Stearin- und Palmitinsäure gefunden, also die gewöhnlichen Bestandteile der Pflanzenfette.

Nach Hinsberg und Joos[1] kommen auch zwei Säuren der Ölsäurereihe vor, $C_{12}H_{22}O_2$ und $C_{18}H_{34}O_2$.

Buttersäure wurde in kleiner Menge im Hefefett nachgewiesen.

Ferner wurde in der Hefe ein Lezithin von Hoppe-Seyler nachgewiesen.[2]

Dasselbe wurde 1903 von Sellmayr untersucht und als Dipalmitylcholinletizhin bezeichnet:

$$\text{Glyzerinrest}\left\{\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} CH_2.O.OC_{16}H_{31} \\ \quad | \\ CH.O.OC_{16}H_{31} \end{array}\right\} \text{Fettsäurereste} \\ \quad | \\ \left.\begin{array}{l} CH_2—O \\ \qquad HO.PO_4 \end{array}\right\} \text{Phosphorsäurerest} \end{array}\right.$$

$$\text{Cholinrest}\left\{\begin{array}{l} C_2H_4.O \\ \quad | \\ N\equiv(CH_3)_3 \\ \quad | \\ OH \end{array}\right.$$

Nach Koch[3] steht das Hefelezithin dem Kephalin aus dem Gehirn nahe.

Auch cholesterinähnliche Körper sind da (Phytosterine); sie sollen Bestandteile der Plasmahaut sein.

Für das Phytosterin der Hefe wird die Zusammensetzung $C_{26}H_{44}O$ angegeben, während das Cholesterin im Tierkörper die Formel $C_{27}H_{46}O$ besitzt.

Auf das Vorkommen dieser Körperklasse in der Hefe haben zuerst Naegeli und Loew aufmerksam gemacht.

---

[1] *H.* Bd. XXXVIII. S. 1.

[2] Hoppe-Seyler, *Med.-chem. Unters.* Heft 1. S. 142.

[3] *H.* Bd. XXXVII. S. 188.

Das Gesamtfett der Hefe wird durch Extraktion der völlig getrockneten Hefe mit Äther und Eindunsten der Lösung bestimmt.

Mikrochemisch weist man das Hefefett durch Überosmiumsäure nach, welche, als 1prozentige wäßrige Lösung auf die Hefezellen einwirkend, die Fettröpfchen als braune oder schwarze Pünktchen sichtbar macht.

Das Lezithin freilich ist gleichmäßig im Plasma verteilt, so daß dann das ganze Plasma mit Überosmiumsäure eine dunkle Farbe annimmt.

Oder man wendet Sudan III (Amidoazobenzolazo-β-naphthol) an, und zwar in alkoholischer Lösung; es ist eine rot gefärbte Lösung.

Die Fettröpfchen nehmen dabei eine gelbrote bis rote Farbe an, bevor sie sich zu größeren Tropfen vereinigen.

Als physiologische Bedingungen für die Fettbildung in der Hefezelle gelten gute Ernährung und lebhafte Sauerstoffatmung, ferner geringes Wachstum.

Als äußere Bedingungen werden genannt: Luftzutritt (um die Sauerstoffatmung zu ermöglichen) und erhöhte Temperatur (nicht unter 15° C).

Die Fettbildung in alternder Hefe und unter ungünstigen Ernährungsverhältnissen, die immer lange Zeit beansprucht (siehe später), sei hier zunächst nicht mitgerechnet.

Um den genanntern Bedingungen Rechnung zu tagen, wurden folgende Versuche aufgestellt:

Versuch 1.

Hefe (Brauerei-Preß-) von 30 Proz. Trockensubstanz .	10 g
Rohrzucker	10 g
Pepton	5 g
Monokaliphosphat	0·1 g
Magnesiumsulfat	0·01 g
Calciumchlorid	0·01 g

Wasser wurde nicht zugesetzt.

Die Substanzen wurden zusammengerieben, wodurch eine breiige Masse entstand, welche die löslichen Substanzen in der Hefefeuchtigkeit gelöst enthielt.

Bei einem Wassergehalt der Hefe von 70 Prozent befand sich der Rohrzucker in 62·5 prozentiger Lösung, das Pepton in 45·5 prozentiger, das Monokaliphosphat in etwa 1·60 prozentiger, das Magnesiumsulfat in 0·16 prozentiger, das Calciumchlorid in 0·16 prozentiger Lösung.

Das ist eine hohe Konzentration der Nährstoffe!

Binnen einer Stunde war Gasblasenbildung und Gärungsgeruch zu bemerken.

Nach 5 tägigem Stehen im gut geheizten Zimmer sah sich die Masse noch ungefähr ebenso an wie ursprünglich.

Dieselbe war während dieser Zeit reichlich mit Luft in Berührung gewesen, denn die breiige Masse bedeckte nur den Boden des etwa 350 ccm fassenden bedeckten Gefäßes.

Die eintretende Gärung bewies mir, daß die Zymase noch arbeitete, freilich langsamer, was begreiflich ist (konzentrierte Zuckerlösung schadet der Zymase).

An dem Fehlen der Sproßverbände unter dem Mikroskop ersah ich, daß eine Vermehrung der Hefe nicht stattgefunden hatte. Das ist bei der hohen Konzentration, in welcher die Nahrung zufloß, nicht zu verwundern.

Eine Probe der Hefe wurde nach jenem 5 tägigen Stehen im geheizten Zimmer mit 1 prozentiger Überosmiumsäurelösung übergossen und im Dunkeln stehen gelassen.

Es zeigte sich bald eine Dunkel- und dann eine intensive Schwarzfärbung, während dieselbe Hefe in sehr verdünnter Nährlösung gezogen nur wenig bräunlich wurde.

Versuch 2.

Hefe (Brauerei-Preß-)	10 g	
Rohrzucker (rein, kristallisiert)	10 g	(also in etwa 62·5 proz. Lösung)
Pepton	5 g	(„ in „ 45·5 „ „)

Nährsalze keine.
Wasser wurde nicht zugesetzt.

Die Masse war breiig, nach 5 Tagen von bräunlicher Farbe, mit Gasblasen erfüllt, von angenehmem Geruch.

Reichlicher Luftzutritt; die breiige Masse bedeckte nur den Boden einer lose bedeckten 350 ccm fassenden Flasche.

Trotz des reichen Luftzutrittes vermochte die Hefe nicht zu wachsen, ich entdeckte unter dem Mikroskop nirgends Sproßverbände, sondern nur einzelne Hefezellen.

Wie aus der Gasblasenbildung hervorgeht, ist Gärung eingetreten, die Zymase blieb aktiv.

Hefewachstum konnte wegen der hohen Konzentration der Stoffe nicht eintreten.

Nach 5 tägigem Stehen wurde hier ebenfalls eine Probe herausgenommen und mit Überosmiumsäure 1 Prozent im dunkeln Schrank stehen gelassen.

Bald wies die Hefe eine schwarzbraune Färbung auf, freilich nicht die ganz schwarze Färbung wie bei Versuch 1.

Versuch 3.

Hefe (Brauerei-Preß-) . .	10 g	
Pepton	10 g	(also in etwa 62·5 proz. Lösung)

Die Masse war nach dem Zusammenreiben in einer Reibschale breiig, nach 5 Tagen von bräunlicher Farbe, natürlich ohne Gärungsgeruch und ohne Gasblasen, aber auch ohne Fäulnis.

Offenbar hatte die hohe Konzentration bis dahin die Vermehrung der Fäulnißpilze verhindert.

Eine mikroskopische Untersuchung lehrte, daß keinerlei Sprossung eingetreten war, das Wachstum war also, wie begreiflich, sistiert; offenbar war die Konzentration zu groß.

Als nun eine Probe herausgenommen und mit 1 prozentiger Überosmiumsäure ins Dunkle gestellt wurde, trat bald eine tiefschwarze Farbe ein.

In allen drei Fällen, in Versuch 1, 2 und 3, schien also binnen wenigen Tagen eine beträchtliche Fettbildung eingetreten zu sein.

Um zu sehen, wie dieselbe Hefe sich verhält, wenn man sie wie gewöhnlich in verdünnten Nährlösungen kultiviert, ließ ich je 10 g davon in 250 ccm Lösung von

4. 5 Prozent Rohrzucker + Nährsalze (Ammonsulfat als Stickstoffquelle)
5. 5 „ „ + 0·5 Prozent Glyzerin usw.
6. 5 „ „ + 1 „ „

stehen, ebenfalls bei 20° C.

Nach 5 Tagen wurde die Überosmiumsäureprobe gemacht.

Es zeigte sich nur eine schwach gelblichbraune Färbung der Hefe.

Somit ist wohl die ungewöhnlich gute und konzentrierte Nahrung an der Fettanhäufung schuld gewesen, indem zugleich das Wachstum und somit der Verbrauch von Speicherstoffen in der Zelle verhindert war.

Nach den Resultaten, welche ich sonst bei Ernährungsversuchen mit Hefe hinsichtlich der Fettproduktion erhielt, muß ich eigentlich erstaunen, daß es gelang, in so kurzer Zeit eine Fettanhäufung zu erzielen (siehe später).

Bei lange dauernden Versuchen mag ja eher ein Resultat zu erzielen sein.

So bei den Loewschen Versuchen mit Schimmel (siehe unten), die bis 50 Tage dauerten und hohe Fettprozente erzielten. Schimmel ist allerdings weit günstiger als Hefe.

Bisweilen hat man enorme Anhäufungen von Fett in der Hefe beobachtet (gewöhnlich beträgt es nur 2 bis 5 Prozent der Trockensubstanz). Das waren in Rückbildung (Involution) begriffene Hefemassen, welche durch Mangel an Nahrung in abnorme Verhältnisse geraten waren.

Auch alte Hefen haben bisweilen extrahohen Fettgehalt gezeigt.

Es scheint, daß die Hefe sich in schlechten Zeiten schützt durch starke Fettabsonderung, ebenso wie die Holzpflanzen sich im Winter gegen Kälte und sonstige Ungunst der Witterung durch Fettbildung schützen.

Das Fett scheint ja überhaupt nicht nur Reservestoff, sondern auch Schutzmittel zu sein.

In diesem Sinne sind die Anhäufungen von Fett in den Samen und Sporen aufzufassen. So ist vermutlich auch das Fett in der Hefe zu verstehen.

Naegeli sagt, daß es manchmal zweifelhaft ist, ob die stärkere Fettbildung mehr von der guten Ernährung oder von der starken Respiration bedingt ist.

Versuche mit Bierhefe ergaben ihm bemerkenswerte Resultate.

Die natürliche Hefe, welche in der besten Nährlösung (Pepton und Zucker) bei niedriger Temperatur und spärlicher Respiration wächst, enthält nur 5 Prozent Fett.

Kunsthefe, welche mit weinsaurem Ammoniak und Zucker im Brutkasten unter Durchleitung von Luft gezogen wurde, hatte bis zu 12 1/2 Prozent Fett.

Höhere Temperatur scheint günstig für die Fettbildung zu sein.

Ebenso reichliche Luftzufuhr.

O. Loew, der die Fettmengen sowohl bei Schimmel wie auch bei Hefe durch Wägung der Fettsäure (im wesentlichen aus Ölsäure bestehend) nach vorausgegangener Zerstörung der Zellmembran mittels Salzsäure bestimmte, erhielt folgende Mengen Fett(säure) bei verschiedener Ernährung von Penicillium: Bei Ernährung mit einer 1 Prozent Eiweiß und 2 Prozent Zucker enthaltenden Nährlösung ergab sich ein Schimmel von 18·10 Prozent Fettsäure[1] binnen 52 Tagen (Ernte 2·984 g).

Bei 1 Prozent Leucin und 2 Prozent Zucker 17·66 Prozent Fettsäure binnen 51 Tagen (Ernte 2·873 g).

Mit 1 Prozent Pepton und 1 Prozent Leucin 14·83 Prozent Fettsäure bei 55tägiger Kultur (Ernte 1·101 g).

Mit 1 Prozent Albumin und 1 Prozent Weinsäure 12·22 Prozent Fettsäure bie 52tägiger Versuchsdauer (Ernte 1·124 g).

Mit 1 Prozent Leucin 11·50 Prozent Fettsäure bei 28tägiger Versuchsdauer (Ernte 0·905 g).

Mit 1 Prozent Asparagin 7·06 Prozent Fettsäure bei 56tägiger Versuchsdauer (Ernte 0·795 g).

Bei 4·8 Prozent Zucker und 0·8 Prozent Salmiak 6·69 Prozent Fettsäure bei 34tägiger Versuchsdauer (Ernte 1·496 g).

Mit 1 Prozent weinsaurem Ammoniak und 1 Prozent Weinsäure 7·08 Prozent Fettsäure bei 60tägiger Versuchsdauer (Ernte 0·518 g).

Mit 1 Prozent bernsteinsaurem Ammoniak 11·11 Prozent freie Fettsäure bei 48tägiger Versuchsdauer (Ernte 0·534 g).

---

[1] Fettsäuren in Prozenten des Schimmels ist hier wie in den folgenden Angaben gemeint.

Mit 1 Prozent weinsaurem Ammon 6·67 Prozent freie Fettsäure bei 56tägiger Versuchsdauer (Ernte 0·308 g).[1]

Das Fett erwies sich stets von einer kleinen Menge Cholesterin begleitet.

„Es scheint, als ob die Bildung beider Substanzen unter denselben Bedingungen zustande komme, nämlich durch Zusammentreten von bei der Oxydation übrigbleibenden Rseten."

„Möglicherweise hängt auch im Tierkörper die Entstehung beider aus fettfreien Nahrungsmitteln aufs innigste zusammen und vielleicht voneinander ab."

Angesichts der angeführten Resultate läßt sich vielleicht im allgemeinen sagen, daß Ernährungsmischungen, welche sonst gut Trockensubstanzvermehrungen ergeben, auch den besten Fettgehalt erzeugen.

Freilich, ausnahmslos ist das nicht der Fall.

Denn die Nährlösung, welche 1 Prozent bernsteinsaures Ammoniak enthält, erzeugte nur 0·534 g Ernte, dabei aber doch 11 11 Prozent Fettsäure.

Die Fettsäuremengen waren zum Teil recht erheblich.

Eine noch viel bedeutendere Fettsäuremenge fand übrigens O. Loew bei einem anderen Versuch, bei welchem 15 Prozent Zucker (außer etwas schwefelsaurem Ammon, Phosphat usw.) und etwas freie Phosphorsäure geboten wurde, nämlich 23·13 Prozent Fettsäure (siehe unten).

Der an Fett reiche Schimmel war auch reich an Zellulose.

Die Fettmenge ist natürlich noch etwas größer als die Fettsäurequantität gefunden wurde.

Unter der Annahme, daß die Fettsäure größtenteils Ölsäure ist, berechnet O. Loew aus 16·09 Prozent Fettsäure 18·50 Prozent neutrales Fett.

Die Ölsäurenatur der Fettsäure wurde von O. Loew nachgewiesen.

Nach neueren Angaben sollen zwei Säuren der Ölsäurereihe in der Hefe vorkommen, $C_{12}H_{22}O_2$ und $C_{18}H_{34}O_2$.

Auch Buttersäure wurde in kleiner Menge in der Hefe nachgewiesen.[2]

Neben Neutralfett wurden auch freie Fettsäuren in der Hefe vorgefunden, so Stearin- und Palmitinsäure.

Da über die Bedingungen der Fettbildung in Pflanzen wenig bekannt ist, sei hier noch auf einige Versuche O. Loews über diesen Punkt hingewiesen.[3]

---

[1] *Fettbildg. bei niederem Pilzen.*

[2] Hinsberg und Roß, *H.* Bd. XXXVIII. S. 1.

[3] A. a. O. S. 305.

Es wurden Weinsäure und Zucker mit Albumin und Pepton bezüglich der Fettbildung in dem darauf gewachsenen Schimmel verglichen.

a) 500 g Wasser, 5 g weinsaures Ammon, 5 g Weinsäure.

b) 500 g Wasser, 50 g Rohrzucker, 0·5 g Phosphorsäure, 5 g salpetersaures Kali; nach mehreren Wochen wurden noch 2 g Salpetersäure zugesetzt.

c) 300 g Wasser, 15 g Rohrzucker, 3 g weinsaures Ammon, 3 g Weinsäure.

d) 300 g Wasser, 3 g Pepton, 2 g Phosphorsäure.

e) 300 g Wasser, 3 g Albumin, 2 g Phosphorsäure.

Nach 2 Monaten ergab die Untersuchung:

bei a)	8·08	Prozent Fettsäure,	0·540 g	Ernte,
b)	7·12	,, ,,	1·448 g	,,
c)	12·35	,, ,,	2·301 g	,,
d)	7·32	,, ,,	0·524 g	,,
e)	8·79	,, ,,	0·531 g	,,

Somit ergab die Mischung 5 Prozent Zucker, 1 Prozent Ammontartrat, 1 Prozent Weinsäure weitaus den größten Fettgehalt.

Eine weitere Versuchsreihe sollte den Grad der Fettbildung bei steigendem Zuckergehalt der Nährlösung aufklären.

Der Zuckergehalt betrug 0·1, 0·5, 1, 5, 10 und 15 Prozent in der Nährlösung (a bis f).

Die Nährsalze waren jedesmal 0·03 Prozent Ammonsulfat (also geringer N-Gehalt), 0·2 Prozent Dicalciumphosphat, 0·03 Prozent Magnesiumsulfat, 0·01 Prozent Chlorcalcium.

Nach 6 Wochen wurden erhalten:

bei a)	0·210 g	Ernte, mit	15·84	Proz. Fettsäure,	
b)	0·305 g	,, ,,	15·84	,, ,,	
c)	0·230 g	,,	?		
d)	0·772 g	,, ,,	14·36	,, ,,	
e)	2·700 g	,,	?		
f)	2·215 g	,, ,,	23·13	,, ,,	(Zell.-Geh. an 50 Proz).

Somit hatte bis zu einem gewissen Grade der höhere Zuckergehalt der Nährlösung einen günstigen Einfluß auf den Fettgehalt des Pilzes. Freilich wurde bei f) auch viel mehr Zucker pro Einheit des Erntegewichtes verbraucht als bei a).

Nach völligem Verbrauch der Nährlösung tritt, wie Loew fand (bei

einer weiteren Versuchsreihe), eine „Involution" des Schimmelpilzes ein; die dabei vor sich gehende Änderung der Zusammensetzung wurde studiert.

Frischer, auf einer aus Eiweiß (1 Prozent) und Zucker (2 Prozent) bestehenden Nährlösung gewachsener Schimmel wurde in kleine Stücke zerschnitten und $^3/_4$ der Masse in verdünnte Phosphorsäurelösung von 1 Prozent Gehalt gelegt, während $^1/_4$ getrocknet und zur Analyse verwendet wurde; letzteres wog 1·456 g.

0·982 g gaben 0·158 g Fettsäure = 16·09 Prozent.

Da diese Fettsäure im wesentlichen Ölsäure ist, so berechnet sich hieraus = 18·50 Prozent neutrales Fett.

0·474 g gaben 0·228 g Pt = 6·84 Prozent N.

Nach 4 Wochen war der der Involution überlassene Schimmel in eine lockere weiße Masse verwandelt, der früher kompakte Rasen war in einzelne Fäden zerfallen und hatte nicht unerhebliche Mengen von Stoffen an die Flüssigkeit abgegeben, was aus der Bildung eines neuen Schimmelrasens an der Oberfläche hervorging. Dieser wurde abgenommen und vom alten Schimmel getrennt; letzterer, abfiltriert, gewaschen und getrocknet, wog nur noch 0·7475 g.

0·521 g gaben 0·22 g Fettsäure = 43·9 Prozent
oder 50·54 Prozent neutrales Fett.
0·2265 g gaben 0·043 g Pt = 2·69 Prozent N.

Es ergibt sich also hieraus unter Verlust von Eiweiß eine starke Anhäufung von Fett.

Auch durch vergleichende Betrachtung verschiedener Organismen, namentlich Pilze, ist Naegeli[1] zu einem Resultat über die Bedingungen der Fettbildung gelangt.

„Die Beziehungen der Fettbildung zur Respiration treten uns bei einem Überblick über die niederen Pilze sehr deutlich entgegen.

Die Schimmelpilze wachsen bloß bei Zutritt von freiem Sauerstoff und sind fettreich.

Die Bierhefe entwickelt sich bei sehr mangelhaftem Sauerstoffgenuß und ist meist fettarm.

Das gleiche gilt für die Spaltpilze.

Die an der Oberfläche der Nährflüssigkeit lebenden Schimmelpilze sind fettreicher als ihre eigenen untergetauchten Fäden und Zellen.

---

[1] A. a. O. S. 290.

Zur Bildung der Sporen, welche viel Fett enthalten, ist freier Luftzutritt nötig.

Die Sproßpilze erzeugen, wie es scheint, ihre Sporen nur dann hervor, wenn sie auf einem Substrat ausgebreitet halb trocken liegen.“

Selten fand Naegeli sporentragende Sproßpilze, wenn dieselben als Häute auf den (gegorenen) Flüssigkeiten schwammen, wobei die obere (kutikularisierte) Seite trocken ist.

Die Spaltpilze erzeugen, wie es N. schien, ihre Sporen ebenfalls nie innerhalb einer Flüssigkeit, sondern nur in den oberflächlichen Decken, und zwar beobachtete N. einige Male ganz bestimmt, daß in einer mehrschichtigen Decke bloß die Stäbchen und Fäden der obersten, unmittelbar an die Luft grenzenden Schicht sporentragend waren.

In Flüssigkeiten lebende Schimmelpilze bilden nur an den in die Luft sich erhebenden Hyphen fettreiche Dauersporen.

„Warum die Pilze zur Erzeugung von Fett gerade Sauerstoff bedürfen, bleibt vorerst noch eine offene Frage. Es gibt noch andere Beispiele, wo die Umwandlung von sauerstoffreicheren in sauerstoffärmere Verbindungen in der organischen Welt nur unter Einwirkung von Oxydation vor sich geht. So entsteht beim Kutikularisierungs- oder Verkorkungsprozeß der Wachsüberzug an der Oberfläche aus Zellulose (Zucker) nur bei Luftzutritt. So ist ferner der freie Sauerstoff für die Ernährung der niederen Pilze gerade bei sauerstoffreichen Nährstoffen unentbehrlich.“

Der Fettgehalt der Hefe ist in der Regel nicht hoch, er ist aber immer vorhanden.

Ebenso regelmäßig wie Glykogen bildet die Hefe auch Fett, aber in geringerer Menge.

Das Fett der in lebhafter Entwicklung begriffenen Hefe beträgt 2 bis 5 Prozent der Trockensubstanz. Man findet es in der Hefenzelle in Form zahlreicher, meist kleiner Tröpfchen.

Über die Umstände, welche den Fettgehalt der Hefe bestimmen, wollen wir noch die Darlegungen in dem neuesten Buche über Hefe[1] hören, ehe eigene Versuche angeführt werden.

„Die Umstände, welche den Fettgehalt der Hefezellen bestimmen, sind einerseits das Alter der Hefe, andererseits der Zugang an Nahrung und an Sauerstoff.

Bei Nahrungsmangel kann der Fettgehalt weit unter das normale

---

[1] Euler und Lindner, *Chemie der Hefe.* S. 69.

Maß heruntergehen, bei reichlicher Zufuhr von Kohlehydraten und Stickstoff kann der Fettgehalt auf 10 und sogar 20 Prozent steigen.

Besonders sind es die alten Hefen, welche bisweilen abnorm hohen Fettgehalt aufweisen.

Der Sauerstoff befördert im allgemeinen die Fettbildung.

Wird die Luft vollständig abgeschlossen, so bleibt die Fettbildung überhaupt vollkommen aus.

Andererseits sind es gerade die Rahmhefen an der Oberfläche gärender Lösungen, welche besonders fettreich sind.

Die Rolle des Fettes in der Hefe entspricht wohl durchaus derjenigen dieser wichtigen Stoffgruppe in den Samen der höheren Pflanzen; es ist ein Reservestoff, welcher durch seinen hohen Verbrennungswert zur Erzeugung der Atmungsenergie von großem Nutzen ist. Durch den relativen Reichtum an Kohlenstoff stellt das Fett ein außerordentlich gutes und konzentriertes Brennmaterial dar, sofern nur die übrigen Bedingungen zu einer raschen Verbrennung gegeben sind.

Von wesentlichem Einfluß ist ferner die Temperatur.

Bierhefen scheinen unter 15° zur Fettbildung überhaupt nicht fähig zu sein.“

Das sind im wesentlichen die schon von Naegeli aufgefundenen Bedingungen der Fettbildung.

In folgendem seien einige eigene Versuche über Fettbildung bei Darbietung verschiedener Nährlösungen angeführt.

Versuch 1.

Aqua destillata	200 g	
Preßhefe (Münchener Brauerei)	10 g	(mit 26·8 Proz. Trockensubstanz)
Pepton	2 g	
Rohrzucker	10 g	
Monokaliphosphat	0·4 g	
Magnesiumsulfat	0·1 g	
Calciumchlorid	0·05 g	

Nach 3 Tagen hatte sich die Hefe gesetzt. Nun wurde die Hefe auf einem Filter gesammelt und gewaschen. Dann wurde dieselbe auf Filtrierpapier getrocknet.

Die Trockensubstanz betrug 3 g gegen 2·68 ursprüngliche Trockensubstanz (es war eine an Trockensubstanz recht arme Hefe). Sie wurde fein gepulvert.

Dieselbe wurde mit Äther 1 Stunde lang extrahiert. Der Ätherrückstand betrug 0·03 g. Das macht 1 Prozent der Trockensubstanz aus, also eine relativ geringe Menge Fett.

Versuch 2.

Aqua destillata	200 g	
Preßhefe (Münchener Brauerei)	10 g	(mit 26·8 Proz. Trockensubstanz)
Pepton	2 g	
Rohrzucker	10 g	
Glyzerin	1 g	
Monokaliphosphat	0·4 g	
Magnesiumsulfat	0·1 g	
Calciumchlorid	0·1 g	

Als die Hefe sich nach drei Tagen abgesetzt hatte, wurde sie auf einem Filter gesammelt und gewaschen. Dann folgte das Trocknen.

Die Trockensubstanz betrug 3 g gegen 2·68 ursprünglich. Nach 1 stündiger Ätherextraktion der feingepulverten Masse betrug der Ätherrückstand 0·04 g.

Das macht 1·25 Prozent der Trockensubstanz, also wiederum eine recht unbedeutende Menge. Trotz bester Nährstoffe war die Hefe nicht fettreicher in nennenswertem Grade geworden.

Versuch 3.

Aqua destillata	200 g	
Preßhefe (Münchener Brauerei)	10 g	(mit 26·8 Proz. Trockensubstanz)
Ammonsulfat	1·5 g	
Rohrzucker	10 g	
Monokaliphosphat	0·4 g	
Magnesiumsulfat	0·1 g	
Calciumchlorid	0·05 g	

Die nach 3 Tagen abgesetzte Hefe wurde auf einem Filter gesammelt und gewaschen, dann getrocknet.

Die Trockensubstanz betrug 2·95 g gegen 2·68 ursprünglich. Nach 1 stündiger Ätherextraktion der feingepulverten Masse betrug der Ätherrückstand 0·07 g.

Das macht ungefähr 2·4 Prozent Fett in der Trockensubstanz. Also wiederum eine über die gewöhnliche untere Menge des Fettes nicht viel hinausgehende Zahl.

Die zu den Versuchen 1 bis 3 verwendete Preßhefe war von derselben (käuflich erworbenen) Preßhefeportion; eine weitere, ebenfalls 10 g betragende Portion wurde direkt an der Luft (auf Filtrierpapier ausgebreitet und) getrocknet. Sie ergab nur 2·68 g Trockensubstanz.

Die angewandte Preßhefe war also diesmal ziemlich arm an Trockensubstanz. Ihr Fettgehalt betrug nur 0·9 Prozent der Trockensubstanz.

Der Zusatz von Pepton oder Pepton und Glyzerin hatte gegenüber

dem gewöhnlichen Mineralversuch (mit Ammonsulfat als Stickstoffquelle) gar keinen Erfolg; im Gegenteil, letzterer lieferte etwas mehr Hefe. Auch das Fett stieg nicht.

In folgenden Versuchen wurden noch weiter organische Stoffe als Nährstoffe benutzt. Alle Versuche wurden mit Preßhefe (Münchener Brauerei) angesetzt.

Als Nährsalze wurden Monokaliphosphat, Magnesiumsulfat und Calciumchlorid in der vorher angegebenen Menge zugesetzt.

Die angewandte Hefemenge betrug je 5 g.

Das Wasser betrug 100 g.

Nach 3 Tagen wurde die Trockensubstanz und das Fett in derselben bestimmt.

a) Glutaminsäure (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (1 g). Die Fettbestimmung ergab 0·025 g.

b) Glutaminsäure (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (0·00 g). Die Fettbestimmung ergab 0·02 g.

c) Harnstoff (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (1 g). Die Fettbestimmung ergab 0·025 g.

d) Harnstoff (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (0·00 g). Die Fettbestimmung ergab 0·022 g.

e) Leucin (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (1 g). Ergebnis der Fettbestimmung 0·023 g.

f) Leucin (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (0·00 g). Die Fettbestimmung ergab 0·020 g.

g) Pepton (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (1 g). Die Fettbestimmung ergab 0·021 g.

h) Pepton (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (0·00 g). Ergebnis der Fettbestimmung 0·020 g.

i) Asparaginsäure (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (1 g). Die Fettbestimmung ergab 0·020 g.

k) Asparaginsäure (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (0·00 g). Ergebnis der Fettbestimmung 0·015 g.

l) Asparagin (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (1 g). Die Fettbestimmung ergab 0·022 g.

m) Asparagin (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (0·00 g). Ergebnis der Fettbestimmung 0·021 g.

n) Tyrosin (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (1 g). Die Fettbestimmung ergab 0·019 g.

o) Tyrosin (0·5 g), Rohrzucker (5 g), Glyzerin (0·00 g). Ergebnis der Fettbestimmung 0·018 g.

Somit hat sich in keinem der Versuche eine nennenswerte Fettmenge ergeben, niemals über 2 Prozent der Trockensubstanz.

Da die Sauerstoffzufuhr als sehr wesentlich für die Fettbildung in den Pilzzellen angesehen wird, stellte ich noch folgende Versuche auf.

Es ist bekannt, daß Wasserstoffsuperoxyd in Berührung mit Hefe sofort in Wasser und Sauerstoff zerfällt; man bemerkt sogleich eine lebhafte Gasentwicklung, die nach dem neuesten Standpunkt der Katalase der Hefe zugeschrieben werden muß.

Der entwickelte Sauerstoff kann der Hefe zugute kommen, so daß sie auch bei Zuckernahrung und trotz der hierbei eintretenden Kohlensäureentwicklung noch mit Sauerstoff versehen wird.

Man hat nur Sorge zu tragen, daß das Wasserstoffsuperoxyd langsam tropfenweise zufließt; eine gut regulierbare Bürette kann dazu gebraucht werden. Als Nährflüssigkeit wurde Harn verwendet. Durch allmählichen Zuckerzusatz wurde die Versuchszeit verlängert.

Versuch A. (Kontrollversuch.)

Hefe (aus Getreide)	1 g	(mit 0·3 g Trockensubstanz)
Harn, aufs 10 fache verdünnt	350 ccm	
Zucker (Rohr-)	5 g	(in Portionen à 1 g alle 5 Tage)

Als nach 5 Tagen der Zucker völlig zugesetzt war, wurde der Versuch nach dem Absitzen der Hefe beendigt.

Die mikroskopische Untersuchung lehrte, daß neben der noch lebenden vielfach sprossenden Hefe zahlreiche Bakterien gewachsen waren. Schwacher Fäulnisgeruch. Keine mikrochemische Fettreaktion mit Überosmiumsäure.

Die Trockensubstanzbestimmung ergab 0·42 g, also eine mäßige Vermehrung.

Mit Äther extrahiert, ergab die Trockensubstanz 1·2 Prozent Fett, eine geringe Menge.

Versuch B.

Hefe (aus Getreide)	1 g	(mit 0·30 g Trockensubstanz)
Harn, aufs 10 fache verdünnt	350 ccm	
Rohrzucker	5 g	(in Portionen à 1 g alle Tage)
H_2O_2 . . . . etwa	1·5 g (wasserfrei gerechnet)	(tropfenweise als „medizinale“ Wasserstoffsuperoxydlösung aus einer Bürette zugesetzt binnen 5 Tagen).

Nach 5 Tagen wurde der Versuch beendigt.

Sproßverbände und frische Sprossungen da. Neben der Hefe zahlreiche Bakterien.

Mit OsO_2 war mikrochemisch nur sehr wenig Fett nachzuweisen.

Die Trockensubstanzbestimmung ergab 0·52 g, also eine erhebliche Vermehrung.

In dieser war 1·5 Prozent Fett enthalten.

Wiederum war die Fettmenge gering, der Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd (Sauerstoffzufuhr) hatte also keine nennenswerte Steigerung des Fettansatzes bewirkt.

Versuch C.

Hefe (aus Getreide)	1 g	(mit 0·30 g Trockensubstanz)
Harn, aufs 10 fache verdünnt	350 ccm	
Rohrzucker	5 g	(in Portionen à 1 g alle 5 Tage)
H_2O_2 . . . . etwa	1·5 g	beide als Lösung langsam aus einer Bürette binnen 5 Tagen zutropfen gelassen, H_2O_2 als 2 bis 3 prozentige, Phosphorsäure als 0·35 prozentige Konzentration.
Phosphorsäure	0·7 g	

Nach 5 Tagen ergab die mikroskopische Untersuchung an dem nunmehr beendigten Versuch, daß die Hefe lebend war, sproßte und nicht mit Bakterien ersichtlich vermengt war. Fäulnis war nicht eingetreten.

Mit Überosmiumsäure erhielt ich eine schwache Fettreaktion.

Die Trockensubstanzbestimmung ergab 0·40 g, also eine recht mäßige Vermehrung.

Die Fettbestimmung ergab 1·3 g, wiederum eine geringe Menge.

Man sieht, daß mit Getreidepreßhefe bei Harn-Zucker-Ernährung nichts in bezug auf Fettbildung zu erreichen ist, auch nicht bei Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd.

Auch die Trockensubstanzvermehrung befriedigte nicht, was wohl zum Teil vielleicht auf die starke (10fache) Verdünnung des Harnes zurückzuführen ist.

Bei den folgenden Versuchen wurde der Harn aufs Dreifache verdünnt oder unverdünnt genommen, wobei sich eine gewaltige Hefevermehrung ergab.

Freilich war hierbei auch die Hefe eine andere; es wurde hierzu Brauereipreßhefe (München) verwendet.

Wie weit die beiden genannten Unterschiede ausschlaggebend waren, wurde bis jetzt nicht untersucht.

Versuch D.

Hefe (Brauerei-Preß-)	0·1 g	(mit 0·29 Proz. Trockensubstanz, wie auch in den folgenden Versuchen bis inklusiv M)
Rohrzucker	5 g	(als 10 proz. Lösung langsam binnen 5 Tagen aus einer Bürette zutropfen gelassen)
Harn (aufs 3 fache verdünnt)	210 ccm	

Die Trockensubstanz wurde binnen 5 Tagen auf das 20 fache vermehrt. Sie betrug am Schluß 0·58 g!

Hingegen ließ sich keine erhebliche Fettmenge erkennen.

Die Fettbestimmung ergab nur 1·4 Prozent der Trockensubstanz.

Somit wirkt Harn sehr gut ernährend, aber nicht fettbildend.

Bemerkenswert ist, daß eine so geringe Aussaat eine so große Ernte ergab.

Versuch E.

Hefe (Brauerei-Preß-)	0·5 g	
Rohrzucker	10 g	(als 10 proz. Lösung langsam binnen 5 Tagen aus einer Bürette zutropfen gelassen)
Harn (aufs 3 fache verdünnt)	210 ccm	

Nach 5 Tagen war die Hefe abgesetzt.

Die Trockensubstanzbestimmung ergab 0·80 g, also eine Vermehrung auf ungefähr die sechsfache Menge.

Die Fettbestimmung ergab nur 1·3 Prozent der Trockensubstanz.

Auch hier zeigt sich die Ergiebigkeit des Harns als Stickstoffnahrung und Trockensubstanz-(Eiweiß-)bildner; andererseits die geringe Ergiebigkeit derselben in bezug auf Fettbildung.

Versuch F.

Hefe (Brauerei-Preß-)	1 g	
Rohrzucker	10 g	(als 10 prozentige Lösung langsam binnen 5 Tagen aus einer Bürette zutropfen gelassen)
Harn (aufs 3 fache verdünnt)	210 ccm	

Auch hier ergab die Trockensubstanzbestimmung eine Vermehrung um ungefähr das Achtfache.

Die Fettbestimmung ergab 1·2 Prozent der Trockensubstanz, also wiederum einen kleinen Betrag.

Die Steigerung der Aussaathefe bis zu 1 g hatte keinen günstigen Erfolg. Es ergab sich nicht mehr Trockensubstanz als bei nur 0·5 g Hefeaussaat.

Versuch G.

Hefe (Brauerei-Preß-)	1 g	
Rohrzucker	5 g	(als 10 prozentige Lösung langsam binnen 5 Tagen aus einer Bürette zutropfen gelassen)
Harn (aufs 3 fache verdünnt)	210 ccm	
Phosphorsäure	0·21 g	(also 0·1 prozentig)

Als nach 5 Tagen die Trockensubstanzbestimmung gemacht wurde, ergab sich 0·50 g. Dieselbe war ungefähr um 72 Prozent vermehrt worden.

Offenbar hatte die Phosphorsäure im freien Zustande etwas ungünstig gewirkt.

Die Fettbestimmung ergab 1·2 Prozent Fett in der Trockensubstanz.

Also wiederum eine geringe Fettmenge!

Versuch H.

Hefe (Brauerei-Preß-)	1 g	
Rohrzucker	5 g	(als 10 prozentige Lösung während 5 Tagen langsam aus einer 50 ccm-Bürette zutropfen gelassen)
Harn (unverdünnt)	70 ccm	

Auch hier trat eine beträchtliche Vermehrung ein, doch etwas geringer als bei Versuch D, E und F. Die Bestimmung der Trockensubstanz ergab 0·7 g, also eine Vermehrung auf etwa das 2·4 fache. Die Konzentration ist offenbar etwas zu groß gewesen, verdünnter Harn wirkt besser.

In dem unverdünnten Harn beträgt der Harnstoff 2 Prozent, was wohl eine weniger günstige Konzentration sein dürfte.

Versuch I.

Hefe	1 g	
Harn (unverdünnt)	70 ccm	
Rohrzucker	5 g	(alle Tage 1 g zugesetzt)
Wasserstoffsuperoxyd . etwa	1 g	(50 ccm einer medizinalen 2 bis 3 prozentigen Superoxydlösung wurden in 5 Tagen langsam zutropfen gelassen)

Nach 5 Tagen erwies sich die Hefe unter dem Mikroskop als normal; sie sproßte.

Die Trockensubstanzbestimmung ergab 0·65 g, also eine Vermehrung auf das 2·24 fache.

In der Trockensubstanz war 1·24 Prozent Fett enthalten, also wiederum eine auffallend geringe Menge.

Die Trockensubstanz hatte sich vermehrt, das Fett nicht.

Versuch K.

Hefe	1 g	
Harn (unverdünnt)	70 ccm	
Rohrzucker	5 g	(alle Tage 1 g zugesetzt)
Wasserstoffsuperoxyd . etwa	1·5 g	(75 ccm einer medizinalen 2 bis 3 prozentigen Superoxydlösung wurden in 5 Tagen langsam zutropfen gelassen)

Als nach 5 Tagen die mikroskopische Untersuchung gemacht wurde, ergab sich, daß die Hefe noch intaktes Aussehen hatte.

Die Trockensubstanzbestimmung ergab 0·55 g, also eine Vermehrung um 89 Prozent.

In dieser Trockensubstanz ergab die Ätherextraktion 1·22 Prozent Fett; Erfolg also ebenso gering wie im vorigen Versuch.

In der geringeren Trockensubstanzvermehrung spricht sich eine ungünstige Wirkung der größeren H_2O_2-Menge aus.

Versuch L.

Hefe	1 g	
Harn (unverdünnt)	70 ccm	
Rohrzucker	5 g	(alle Tage 1 g zugesetzt)
Wasserstoffsuperoxyd . etwa	3 g	(150 ccm einer medizinalen 2 bis 3 proz. Superoxydlösung wurden in 5 Tagen langsam zutropfen gelassen)

Nach 5 Tagen ergab die mikroskopische Untersuchung eine nicht mehr ganz intakte Beschaffenheit der Hefezellen. Offenbar war ein Teil derselben geschädigt.

Demgemäß erhielt ich bei der Trockensubstanzbestimmung nur 0·18 g, also eine beträchtliche Abnahme der Trockensubstanz; es waren Stoffe aus der Zelle ausgetreten. Die angewandte H_2O_2-Menge war entschieden schädlich.

Die Fettbestimmung ergab 3·98 Prozent, also beträchtlich mehr wie sonst.

Versuch M.

Hefe (Brauerei-Preß-)	1 g	(von 0·30 g Trockensubstanz)
Harn (unverdünnt)	70 ccm	
Rohrzucker	5 g	(alle Tage 1 g zugesetzt)
Wasserstoffsuperoxyd . etwa	6 g	(300 ccm einer 2 proz. H_2O_2-Lösung allmählich binnen 5 Tagen zutropfen gelassen)

Auch hier schien mir die Hefe nach 5 Tagen geschwächt oder abgestorben zu sein.

Die Trockensubstanzbestimmung ergab nur 0·15 g; also eine noch stärkere Abnahme als bei Versuch L.

In der Trockensubstanz waren 4·1 Prozent Fett enthalten!

Der vermehrte Fettgehalt bei L und M dürfte vielleicht zum Teil darauf beruhen, daß die Hefezellen durch den Austritt von Stoffen trockensubstanzärmer und damit prozentisch reicher an Fett wurden. Vielleicht hat auch infolge der ungünstigen Lebensbedingungen ein Fettansatz stattgefunden.

Im großen und ganzen kann man sagen, daß die reiche Sauerstoff-

zufuhr bei den Versuchen I bis M, wo durch Zersetzung des H_2O_2 in $H_2O + O$ reichlich Sauerstoff entstand, keinen Erfolg in bezug auf Fettbildung hatte.

Möglicherweise ist auch die Versuchszeit eine zu kurze gewesen.

Jedenfalls ist der Fettansatz in der Hefe nicht leicht auf diese Weise zu vermehren.

Da bei den Naegeli-Loewschen Versuchen an Pilzen in ungünstiger Lage (Involution) eine bedeutende Fettanhäufung beobachtet wurde, so machte ich mit Hefe auch Versuche in dieser Richtung.

N. und L. hatten den zuvor gut ernährten Schimmel nachher in 1prozentige Phosphorlösung auf 4 Wochen verbracht, als sie dann die große Fettansammlung konstatierten.

Das läßt sich bei Hefe nicht gut anwenden, da sie durch 1prozentige Phosphorsäure abstirbt, wie mir folgende Spezialversuche zeigten:

Gär- u. Nährlösung		Phosphorsäure (frei)	Preßhefe (v. 30 Proz. Trck.-Subst.)
a)	100 ccm	0·1 g	1 g
b)	100 „	0·5 „	1 „
c)	100 „	1 „	1 „
d)	100 „	0·2 „	1 „

Nach 48 Stunden war die Hefe in allen 4 Proben abgesetzt.

Bei a) ergab die mikroskopische Untersuchung kräftig sprossende Hefe,
„ b) „ „ „ „ selten sprossende Hefe,
„ c) „ „ „ „ keine Sprossung, die Zellen hatten körnigen Inhalt;
„ d) „ „ „ „ sprossende Hefe, aber keine größeren Sproßverbände.

Die Trockensubstanzbestimmung ergab bei

a)	0·48 g,	also 60	Prozent	Zunahme,
b)	0·15 „	„ 50	„	Abnahme,
c)	0·15 „	„ 50	„	Abnahme,
d)	0·39 „	„ 30	„	Zunahme.

Somit ist 1 Prozent Phosphorsäure für Hefe tödlich.

Es könnte also nur mit geringeren Phosphorsäuremengen gearbeitet werden.

Dieselben reichen dann vermutlich wieder nicht aus, um die Bakterien von der Hefe abzuhalten.

Immerhin wurden zwei Phosphorsäurekonzentrationen ausprobiert, nämlich 0·5 Prozent und 0·2 Prozent, wobei die Säuremenge in einer

sonst zur Tötung der Hefe ausreichenden Gesamtmenge (0·05 g bei 10 g) genommen wurde.[1]

Außerdem wurden Versuche mit Ameisensäure, Chloroform usw. gemacht. Dieselben töten ja auch (zählen zu den Kontaktgiften oder katalytischen Giften).

Da aber eine chemische Bindung dieser Gifte vermutlich nicht stattfindet (bei Ameisensäure ist dies nachgewiesen[2]), so kann man den Versuch so einrichten, daß eine große Hefemenge mit einer kleinen Quantität Giftlösung von ausreichender Konzentration gemischt wird; die Bakterien werden dann abgehalten, die Hefe bleibt wenigstens zum Teil am Leben.

Alle nun zu beschreibenden Versuche sind so angestellt worden, daß die Hefe zunächst in einer sehr guten Nähr- und Gärlösung (50 g Hefe auf 1 Liter)

Pepton	10 g	
Rohrzucker	50 g	(in Port. v. je 10 g pro Tag zugesetzt)
Monokaliphosphat	0·5 g	
Magnesiumsulfat	0·1 g	
Calciumchlorid	0·05 g	

einige (5) Tage bis zum Absitzen belassen wurde.

Dann wurde die Lösung abgegossen, die noch stark feuchte Hefe in 17 gleiche Portionen geteilt, von einer die Trockensubstanz- und Fettbestimmung gemacht; die übrigen Portionen wurden zu den Versuchen verwendet. Trockensubstanz = 2·1 Prozent.

Die katalytischen Gifte, die hier hauptsächlich zur Verwendung gelangten, um eine Fettbildung in den gut ernährten, dann in Hungerzustand versetzten, auf 0 g Nährstoffzufuhr gesetzten Hefezellen zu erzielen, sind Stoffe, die weder durch saure noch basische Beschaffenheit, noch durch besondere chemische Energie ausgezeichnet sind, aber doch intensive Giftwirkung auf alle lebenden Zellen äußern.

Hierher gehören die Anästhetika, wie Äthyläther, Chloroform, Chloral, Kohlenstofftetrachlorid, Methylal, ferner viele Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Schwefelkohlenstoffe usw.

Sie sind meist wenig löslich; nur der Äther löst sich bei 17° zu 8·3 Prozent in Wasser auf, das Chloroform zu 1:200 bei 61°, Schwefelkohlenstoff zu 0·18 Prozent bei 15°. Es wurden bei den wenig löslichen ge-

---

[1] Natürlich dürfte die Abtötung nicht wirklich sogleich eintreten; bei 0·2 Prozent Phosphorsäure tritt sie auch nachgewiesenermaßen nicht ein (siehe oben).

[2] Bokorny, Pflügers *Arch.* Bd. CLVI.

sättigten Giftlösungen die Gifte in noch über den Sättigungspunkt etwas hinausgehender Menge gebraucht.

Versuch N.

Hefe (aus obiger guter Nährlösung)	5 g
Phosphorsäure 0·5 prozentig	10 ccm

Nach 2 Tagen war ein ganz kleiner Teil der Hefe durch Gärung an die Oberfläche gegangen; die übrige saß am Boden des Reagenzglases. Das Gärungsferment war also noch nicht ganz unwirksam geworden.

Nach 6 Tagen hatte sich innerhalb der oben schwimmenden Hefeschicht bereits Rahmhefe und Schimmel breit gemacht, die Bierhefe selbst war abgestorben. Mit OsO_4 gelbbränliche Farbe, aber in geringerer Tiefe als bei der unten liegenden Hefe. Letztere abgestorben, noch unvermischt, geruchlos, während die Deckenhefe bereits üblen Geruch verbreitete.

Die 0·5 prozentige Phosphorsäure hatte also rasch eine schädliche Wirkung geäußert.

Fett war offenbar nicht in erheblichem Maße gebildet worden.

In der stark sauren Flüssigkeit war Schimmel auf Kosten der aus der abgestorbenen Hefe ausgetretenen Hefe gewachsen.

Versuch O.

Hefe (aus guter Nährlösung) . . .	5 g
Phosphorsäure 0·2 prozentig	10 ccm

Nach 2 Tagen war ebenfalls ein kleiner Teil der Hefe durch Gärung an die Oberfläche gegangen; die übrige lag am Boden des Reagenzglases. Das Gärungsferment war nicht ganz zerstört.

Nach 6 Tagen der Befund ähnlich wie bei N. Die Hefe im Bodensatz wie auch oben schien ebenfalls getötet (durch die 6tägige Einwirkung der 0·2 prozentigen Phosphorsäure wie auch durch den Luftabschluß in der Bodensatzhefe).

Mit OsO_4 schwach gelbbraune Farbe.

Auch hier schien mir (bei Vergleich mit der ursprünglichen Hefe) eine erhebliche Fettbildung nicht eingetreten zu sein.

Das Absterben der Hefe hatte die Fettbildung verhindert.

Versuch P (Kontrollversuch).

Hefe (aus guter Nährlösung) . . .	5 g
Destilliertes Wasser	10 ccm

Nach 2 Tagen war ein Teil der Hefe durch Gärung an die Oberfläche gekommen, die übrige befand sich noch am Boden des Reagenzglases. Etwas Fäulnisgeruch war zu bemerken.

Nach 6 Tagen war der Fäulnisgeruch verschwunden und dafür etwas Verdauungsgeruch (von der Selbstverdauung der Hefe herrrührend) aufgetreten. Nur noch kleiner Bodensatz. Die meiste Hefe war obenauf ge-

gangen und mit Gasblasen reichlich durchsetzt (infolge Selbstgärung). Neben der Hefe waren sehr reichlich Bakterien vorhanden.

Die Bodensatzhefe war völlig abgestorben und mit Fäulnisgeruch behaftet.

Mit OsO_4 schwach gelbbraune Farbe.

Keine ausgesprochene Fettbildung zu bemerken.

Die eintretende Fäulnis, die in der Bodensatzhefe deutlich zu bemerken war, hatte schädlich, ja sogar zum Teil tödlich auf die Hefe gewirkt.

Versuch Q.

Hefe (aus guter Nährlösung)	5 g
Ätherwasser (gesättigt, 8·3 prozentig)	10 ccm

Nach 2 Tagen war ein Teil der Hefe durch Gärung obenauf; die übrige am Boden. Deutlicher Äthergeruch.

Am 7. Tag Äthergeruch noch unvermindert vorhanden.

Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß die Hefe granuliert und abgestorben war.

Mit OsO_4 gelbbraune Farbe.

Auch hier schien mir die Fettablagerung in den Hefezellen nicht gewachsen zu sein.[1]

Da die Hefezellen unter dem Mikroskop sich als abgestorben erwiesen, so war eine Fettbildung auch wohl nicht mehr möglich.

Nach 12 Tagen Äthergeruch noch unvermindert; die Hefe ganz auf den Boden gesetzt.

Versuch R.

Hefe (aus guter Nährlösung)	5 g
Chloroformwasser (mit 0·5 g Chloroform)	10 ccm dieses Chloroformwassers

Nach 2 Tagen war die Hefe teilweise obenauf, diese Portion war mit Gasblasen angefüllt; die übrige Hefe saß unten. Chloroformgeruch noch deutlich vorhanden.

Da das Chloroform nur im Verhältnis 0·5 Prozent in Wasser löslich ist, so müssen wir diese Einwirkungskonzentration annehmen, sowie die Einwirkungsmenge 0·05 g.

Am 7. Tage Hefe nicht abgestorben, nur spurenweise noch oben. Die Dunklung mit OsO_4 trat rascher und intensiver ein als in den vorausgehenden Versuchen.

Mit Sudan III in alkoholischer Lösung (1 prozentig) trat bald eine starke Rotfärbung der Hefe ein. Hier schien also die Hefe ihr Fett vermehrt zu haben.

---

[1] Die Trockensubstanzfettbestimmung hatte in der ursprünglichen Hefe (aus guter Nährlösung) gegen 3 Prozent Fett ergeben (in der Trockensubstanz).

Versuch S.

Hefe (aus guter Nährlösung) . . . . 5 g
rohes Petroleum 0·5 g mit 10 ccm Wasser . . . 10 ccm Petrolemulsion

Auch hier war nach 2 Tagen ein Teil der Hefe durch Gärung obenauf, die übrige saß unten. Deutlicher Petrolgeruch.

Am 7. Tage Hefe fast insgesamt obenauf, mit Gasblasen durchsetzt, meist abgestorben, mit granuliertem Ansehen.

Mit OsO_4 ziemlich rasch dunkel werdend.

Auch hier schien mir das Fett etwas vermehrt zu sein.

Nach 12 Tagen Petroleumgeruch noch vorhanden. Ein Teil der Hefe noch immer obenauf schwimmend. Unter dem Mikroskop zeigten sich die Zellen zerstört unter Freilegung körniger Massen. Mit OsO_4 Dunklung ziemlich rasch eintretend.

Versuch T.

Hefe (aus guter Nährlösung) . . . . 5 g
Kohlenstofftetrachlorid 0·5 g mit 10 ccm Wasser zu
Emulsion gemischt . . . . 10 ccm Emulsion

Nach 2 Tagen ein Teil der Hefe durch Gärung obenauf, die übrige unten. Starker stechender Geruch.

Am 7. Tage alle Hefe am Boden.

Mit OsO_4 allmählich gelbbraune Färbung annehmend.

Nach 12 Tagen alle Hefe noch am Boden.

In der Flüssigkeit und an der Oberfläche hatte sich eine weitere Pilzvegetation angesiedelt.

Der Geruch war teilweise faulig geworden.

Ein Fettansatz konnte unter diesen Umständen kaum noch erwartet werden, die Hefe war längstens abgestorben.

Versuch U.

Hefe (aus guter Nährlösung) . . . . 5 g
Methylal 0·5 g mit 10 ccm Wasser . 10 ccm der 5 proz. Lösung

Ein Teil der Hefe war nach 2 Tagen durch Gärung mit Luftblasen gefüllt und schwamm obenauf, der übrige Teil lag am Boden des Reagenzglases. Methylalgeruch?

Am 8. Tage war der weitaus größte Teil der Hefe obenauf und mit Gasblasen durchsetzt, also in Selbstgärung begriffen.

Der Geruch war schon etwas nach Fäulnis und Verwesung.

Hefe abgestorben.

Mit OsO_4 dunkelt sie langsam.

Mit Sudan nimmt sie eine schwach rote diffuse Farbe an.

Nach 12 Tagen Lösung trüb von neugewachsenen Pilzen.

Daß hier keine Fettanhäufung stattfand, begreift sich aus dem baldigen Absterben der Hefezellen.

Methylal wurde von dem Verfasser auch früher schon auf Hefe ange-

wendet, um zu sehen, ob die Hefe Formaldehyd (aus Methylal abgespalten) zu assimilieren vermag.

Es ergab sich stets ein negatives Resultat.

Offenbar ist das Methylal für Hefe giftig.

Hingegen konnte ich bei Algen und höheren grünen Pflanzen das Methylal als Nahrung verwenden.

Versuch V.

Hefe [aus guter Nährlösung (oben)] . . . . . 1 g
Schwefelkohlenstoff 0·5 g in 10 ccm Wasser 10 ccm CS_2-Emulsion

Nach 2 Tagen beim Öffnen des hier (wie auch bei den anderen Versuchen N bis Z) gut verstöpselten Glases kam ein betäubender stechender Geruch (wie von Senföl). Hefe zum Teil oben. Am 6. Tage wurde die erste mikroskopische Besichtigung vorgenommen. Es zeigte sich, daß die Hefe sowohl in der gärenden Deckenschicht wie in dem zehnmal so mächtigen Bodensatz abgestorben war; sie machte den Eindruck der Granulation. Kein Fäulnisgeruch unten und oben. Mit OsO_4 gelbbräunliche Farbe der Hefe.

Gesättigte Schwefelkohlenstofflösung (0·18 Prozent bei 15° C) tötet die Hefe, nicht aber das Gärferment.

Nach 6 Tagen war weder Senföl- noch deutlicher Schwefelkohlenstoffgeruch mehr da.

Nach 8 Tagen alle Hefe am Boden. Geruch ohne jeden Anklang an Schwefelkohlenstoffgeruch, nicht unangenehm, ziemlich deutlich an Senf erinnernd.

Hefe mit OsO_4 ziemlich rasch dunkelnd, schließlich abgestorben.

Versuch W.

Hefe (aus guter Nährlösung) . . . . 1 g
Äthylalkohol 10 prozentig . . . . 10 ccm (also 1 g reiner Alkohol)

Ein großer Teil der Hefe war nach 2 Tagen durch Gärung und Gasblasengehalt obenauf, ein kleiner Teil lag am Boden des Reagenzglases. Alkoholgeruch.

Ähnliche Verteilung der Hefe nach 8 Tagen.

Der Alkoholgeruch war durch eine Art Verdauungsgeruch teilweise verdrängt.

Mit OsO_4 trat rasch eine Dunklung ein.

Die Hefe anscheinend noch nicht abgestorben.

Nach 12 Tagen Hefe alle am Boden des Reagenzglases; Flüssigkeit trüb von neuen Pilzen.

Nun war auch etwas Fäulnisgeruch eingetreten, Flüssigkeit trüb.

Die Fettneubildung ist natürlich, solange die Hefe noch am Leben war, zustande gekommen.

Daß Äthylalkohol von 10 Prozent nicht tötet (binnen 24 bis 48 Stunden), wurde schon früher mitgeteilt.

Versuch X.

Hefe (aus guter Nährlösung) . . . . . 1 g
Alkohol 20 prozentig . . . . 10 ccm (also 2 g reiner Alkohol)

Nach 2 Tagen Befund wie bei W.

Nach Tagen äußerer Befund noch ebenso.

Geruch nach Erdbeeren.

Hefe anscheinend noch am Leben.

Mit OsO_4 rasch dunkelnd.

Nach 12 Tagen Hefe alle am Boden des Reagenzglases, nun wohl abgestorben; denn in der Flüssigkeit hatte sich eine neue Pilzvegetation gebildet.

20 prozentiger Äthylalkohol wirkt rascher schädigend auf die Hefe ein als 10 prozentiger.

Doch konnte vor dem völligen Absterben noch Fett gebildet werden.

Versuch Y.

Hefe (aus guter Nährlösung) . . . . . 1 g
Alkohol 50 prozentig . . . . 10 ccm (also 5 g reiner Alkohol)

Nach 2 Tagen lag die Hefe alle am Boden des Reagenzglases; keine Gärung und Gasblasenbildung war zu bemerken. Starker Alkoholgeruch.

Nach 8 Tagen alle Hefe unten. Alkoholgeruch schwächer, daneben noch ein anderer nicht unangenehmer Geruch.

Hefe mit OsO_4 nur langsam dunkler werdend.

Die Hefe war natürlich abgestorben.

Auch nach 12 Tagen lag die Hefe noch völlig am Boden des Reagenzglases.

Die Flüssigkeit war klar, ohne anderen Geruch als den alkoholischen, es war also kein weiterer Pilz gewachsen.

Daß 50 prozentiger Äthylalkohol tödlich auf die Hefe wie auch auf andere Pilze einwirken werde, war vorauszusehen.

Eine Fettanhäufung in den Hefezellen war von vornherein nicht wahrscheinlich bei Anwendung von 50 prozentigem Alkohol.

Denn abgestorbene Zellen speichern nicht mehr.

Versuch Z.

Hefe [aus guter Nährlösung (s. oben)] 5 g
Propylalkohol 10 prozentig . . . . . . 10 ccm (also 1 g reiner Propylalkohol)

Am 2. Tage war die Hälfte der Hefe durch Gärung obenauf. Geruch nach Propylalkohol.

Am 9. Tage Hefe untergegangen, sämtlich am Boden liegend.

Die mikroskopische Untersuchung lehrte, daß sie abgetötet war und mit zahlreichen Bakterien durchsetzt.

Tatsächlich ließ sich auch etwas Fäulnisgeruch wahrnehmen.

Mit OsO_4 allmählich dunkelnd.

Nach 12 Tagen Hefe alle auf den Boden abgesetzt.

Die Flüssigkeit war trüb von neuer Pilzvegetation.

Hier schien keine Fettanhäufung eingetreten zu sein.

Der Propylalkohol wirkte also in der Konzentration 10 Prozent schädlich, ja tödlich.

Versuch Z a.

Hefe (aus guter Nährlösung)	5 g
Amylalkohol 0·5 g auf 10 ccm Wasser . . .	10 ccm Lösung

Am 2. Tage war keine Hefe oben auf, alle lag am Boden des Reagenzglases, keinerlei Gasentwicklung war eingetreten. Geruch nach Amylalkohol.

Am 9. Tage war der Befund noch ebenso.

Die mikroskopische Untersuchung ergab abgestorbene Hefe.

Mit OsO_4 rasch dunkelnd.

Hier scheint eine Fettanhäufung eingetreten zu sein.

Nach 12 Tagen Hefe alle am Boden des Reagenzglases.

Deutlicher Geruch nach Amylalkohol.

Es waren keine fremden Pilze aufgekommen, Lösung fast klar.

Amylalkohol gilt als sehr schädlich. 5 Prozent, ja sogar schon 1 Prozent macht die Zymase unwirksam.

Versuch Z b.

Hefe (aus guter Nährlösung)	5 g
Karbolsäure 0·5 g auf 10 ccm Wasser . . .	10 ccm Lösung

Nach 2 Tagen lag alle Hefe am Boden des Gefäßes, es war keine Gärung und Gasentwicklung eingetreten. Geruch nach Karbolsäure.

Am 9. Tage Befund noch ebenso.

Die Prüfung mit Überosmiumsäure ergab, daß die Hefe damit ziemlich rasch dunkelte.

Hefe abgestorben; hatte offenbar vorher noch etwas Fett gespeichert.

Auch nach 12 Tagen war ein deutlicher Geruch nach Karbolsäure noch wahrzunehmen.

In der Flüssigkeit waren keine neuen Pilze mehr gewachsen, die Flüssigkeit war fast klar.

Versuch Z c.

Hefe (aus guter Nährlösung)	5 g
Ameisensäure 0·5 g auf 10 ccm Wasser . . .	10 ccm Lösung

Nach 2 Tagen war ein kleiner Teil der Hefe obenauf infolge von Selbstgärung. Geruch nach Ameisensäure?

Nach 8 Tagen Hefe am Boden; mit OsO_4 trat rasch eine kräftige Dunklung ein, mit Sudan III eine Rotfärbung. Geruch nicht ausgesprochen.[1]

[1] Jedenfalls kein stechend scharfer Geruch, wie ihn die Ameisensäure besitzt. Es war mehr ein angenehmer Gärungs- und Backgeruch.

Es war eine deutliche namhafte Fettbildung in der Hefezellen eingetreten.

Nach 12 Tagen alle Hefe am Boden, kein Fäulnisgeruch.

Überblicken wir die Befunde, so heben sich einige derselben in bezug auf Fettgehalt der Hefe deutlich von den übrigen ab.

Beginnen wir mit dem letzten, Zc!

Es ist sehr bemerkenswert, daß gerade hier eine größere Fettanhäufung zu konstatieren war.

Die Ameisensäure gehört, wie Verfasser gefunden hat[1], zu den Giften, welche sich nicht mit dem Plasma verbinden, also katalytisch wirken.

Gerade bei solchen Giften ist es möglich, daß, wenn die Zelle längst aufgehört hat, zu sprossen und sich zu vermehren, noch Stoffumsatz innerhalb des Protoplasmas vor sich geht. Hat sich ein Gift mit dem Plasmaeiweiß verbunden, so ist dies natürlich ausgeschlossen.

Es fragt sich, ob die Fettbildung in diesem Falle aus dem Pmasmaeiweiß geschieht oder aus der Ameisensäure.

Letzteres ist nicht wahrscheinlich, da dieselbe nach den bisherigen Erfahrungen nicht zur Ernährung von Mikroorganismen, speziell Hefe, dienen kann.

Es bleibt wohl nur die Annahme übrig, daß das Fett aus dem Plasmaeiweiß gebildet wurde.

Auch mit dem Amylalkohol dürfte es sich ähnlich verhalten.

Er wirkt als katalytisches Gift.

Solange die Hefezellen noch nicht abgestorben waren, konnte Fettbildung eintreten (innerhalb der ersten Tage).

Ferner ist das gleiche anzunehmen von den Versuchen mit 20- und 10prozentigem Alkohol, wie auch dem mit Schwefelkohlenstoff und dem Chloroform.

Bei 10prozentigem Alkohol ist sogar anzunehmen, daß das Leben der Hefe noch viele Tage andauerte.

Bei allen anderen Versuchen, in denen ein frühzeitiges Absterben der Hefe eintrat, konnte natürlich kein Fett angesetzt werden.

Wenn hier von einer chemischen Bindung der Gifte, soweit sie nicht katalytisch wirkende sind, gesprochen wurde, so gründet sich das auf die Versuche, die Verfasser vor einiger Zeit publiziert hat.

Faktisch konnte von dem Verfasser eine chemische Bindung nachgewiesen werden[2]; das Gift wird aus der Lösung weggenommen, wenn

---

[1] Pflügers *Arch.*

[2] Bokorny, Pflügers *Arch.* Bd. CLVI.

man lebende Hefe in die Giftlösung einträgt (Ameisensäure bildet eine merkwürdige Ausnahme); freilich meist weit mehr, als zur Abtötung des Protoplasmas nötig ist.

Auf 20 g Preßhefe von 30 Prozent Trockensubstanz beträgt die Wegnahme:

bei	aus **konzentrierteren** Lösungen (1—5 %) g	aus **verdünnteren** Lösungen (etwa 0,5—0,05 %) g	aus **sehr verdünnten** Lösungen (etwa 0,04—0,01 %) g
Ammoniak . etwa	1	—	0·075[1]
Natron . . „	1·36	0·00	0·00
Hydrazinhydrat . .	0·50	0·1	—
Schwefelsäure . .	0·6	0·49	0·00
Flußsäure	0·32	0·10	—
Ameisensäure . .	**0·00**	**0·00**	**0·00**
Essigsäure	0·90	0·00	0·00
Oxalsäure	0·945	0·00	0·00
Schwefligsäure . .	—	0·072	0·072

Es fällt auf, daß so große Mengen Gift gebunden werden.

Von Ammoniak 1 g pro 20 g Preßhefe, Natron 1·36 g.

Das macht 5 Prozent bzw. 6·80 Prozent vom Gewicht der Preßhefe oder 15 Prozent bzw. 20·40 Prozent vom Gewicht der Hefetrockensubstanz.

Bei Schwefelsäure macht es 3 Prozent vom Gewicht der Preßhefe.

Es ist wohl kaum möglich, die Bindung auf einen anderen Stoff als das Protein der Hefe zurückzuführen, das bekanntlich sehr reichlich vorhanden ist. Die Hefezellen gehören zu den eiweißreichsten.

Die geringen Mengen von flüchtigen und nichtflüchtigen niederen organischen Säuren (Kohlensäure, Milchsäure, Bernsteinsäure), die in der Hefe vorkommen können, spielen offenbar bei der Basenbindung durch Hefe (es wird z. B. Ammoniak in erheblicher Menge gebunden) eine geringe Rolle.

Ebenso dürften etwa vorhandene einfachere organische Basen für die Säurebindung durch Hefe eine geringe Bedeutung haben.

Das Hefeprotein, welches das Plasma der Hefe aufbaut, ist offenbar ein Körper von zweifacher, ja mehrfacher Natur.

---

[1] Wenn lebend; tote Hefe bindet 0,00 g NH_3.

Er vermag Säuren zu binden wegen seinen basischen Gruppen.
Basen werden von den sauren Atomgruppen desselben gebunden.
Die Aldehydgruppen der Proteinstoffe binden bestimmte Gifte.
Schwankungen des Fettgehaltes mit der Ernährung sind auch bei anderen Pilzen festgestellt worden.

Cramer[1] hat bei verschiedener Ernährung von Spaltpilzen folgende Werte für Ätherextrakt erhalten:

	auf 1 % Pepton	auf 5 % Pepton	auf 5 % Traubenzucker
Pfeiffers Bazillus . .	17·7 %	14·63 %	24·0 %
Wasserbazillus Nr. 28 .	16·9	17·83	18·4
Pneumoniebazillus . . .	10·3	11·28	22·7
Rhinosklerombazillus .	11·1	9·06	20·0

Man sieht, daß die Kohlehydraternährung recht günstig für die Fettbildung ist.

Das dürfte vielleicht ein Fingerzeig sein auch für die Erzielung höherer Fettgehalte bei Hefen.

Für Rotzbazillen wird von Schweinitz und Dorset[2] ein Fettgehalt von 39·29 Prozent angegeben, für Tuberkelbazillen, in Bouillon gezüchtet, 37·57 Prozent.

Lyons[3] fand, daß bei steigendem Traubenzuckergehalt des Substrats eine Vermehrung des Fettgehaltes eintritt.

Das Maximum wird aber schon bei 5 Prozent Glykose erzeugt.

Der Fettgehalt der Bakterien ist manchmal ziemlich bedeutend.

Die großen Schwankungen je nach der Ernährungsweise sind gegenüber den Beobachtungen bei Hefe, wo die Ernährung, d. h. die Art der Nährmischung, zunächst keinen Einfluß aufwies, recht bemerkenswert.

Vielleicht läßt sich auch bei Hefe noch ein Ernährungsmodus finden, bei welchem die gebotenen Nährstoffe Einfluß haben auf die Fettmenge.

Weit übertroffen werden die Pilze und wohl die Kryptogamen überhaupt in bezug auf Fettgehalt von den Samen vieler Phanerogamen. Nach König[4] enthalten:

---

[1] *Arch. f. Hyg.* Bd. XVI.
[2] *Journ. Americ. chem. Soc.* Vol. XVII.
[3] *Arch. f. Hyg.* Bd. XXVIII.
[4] *Nahrungs- und Genußmittel.*

	Rohfett	Rohfett im Mittel
Rapssamen (Brassica napus)	35—50 Proz.	42·23 Proz.
Rübsamen (Brass. rapa oleifera)	22—41	33·53
Ölrettig (Raph. sat. oleiferus)	30—46	
Mohn (Papaver somniferum)	23—55	40·70
Hanf (Cannabis sativa)	31—33	32·58
Madin (Madia sativa, Ölmadin)		38·44
Leindotter (Camelina sativa)		29·86
Sonnenblumen (Helianthus annuus)		32·26
Walnußkerne (Juglans regia)		57·43
Haselnußkerne (Corylus todlana)		62·20
Süße Mandeln (Amygdalus comm.)		53·02
Bucheln (Fagus silvatica)		18·26
Sesam (Sesamum orientale)		45·60
Kandelnuß (Aleurites triloba)		61·74
Rizinussamen (Ricinus communis)		51·37
Palmkerne (Elaiis guineensis)		48·75
Erdnuß (Arachis hypogaea)		45·8
Baumwollsamen, nicht entschält		19·91
,, entschält		24·33
Kokosnuß (Cocos nucifera, Samenschale)		67·00
Paranüsse (Bertholletia excelsa)		67·65
Roßkastanien (Aesculus Hippocast.)		5·14

Wir sehen aus dieser Zusammenstellung, daß die Samen der genannten Pflanzen den Pilzen, und besonders der Hefe, meist weit im Fettgehalt überlegen sind.

Es kommt bei dieser Sache offenbar sehr viel auf die natürliche Veranlagung der Pflanze zur Fettbildung an.

Andere Pflanzen lagern kein Fett in den Samen ab, sondern Stärke.

Fett sowohl wie Stärke der Samen werden vermutlich aus dem anfänglichen Eiweißgehalt der Samen gebildet. Entstehung von Fett und Kohlehydraten aus Eiweiß ist möglich (O. Loew).

Nach Russow kommt auch in den meisten Holzpflanzen während der Winterruhe eine mehr oder weniger reichliche Bildung von Fett auf Kosten des Stärkevorrates zustande.[1]

Die Linde (ein weichholziger „Fettbaum", im Gegensatz zu dem hartholzigen „Stärkebaum" Eiche) soll nach A. Fischer[2] während des

[1] *Dorpat, Naturf. Ges.* Bd. VI.

[2] *Jahrb. wiss. Bot.* Bd. XXII.

Winters 9 bis 10 Prozent Fett haben in ihrem Holze. In der Stamm- und Wurzelrinde von Juglans cincoca sogar 50 Prozent Fett (Trumau).

Was den zellchemischen Ursprung des Fettes in der Hefe anlangt, so herrscht darüber dieselbe Unklarheit, wie auch sonst in der Pflanzenphysiologie hinsichtlich des Fettursprunges in irgendwelchen Organen.

Nur über das eine scheint meist Übereinstimmung zu bestehen, daß das Fett kein primärer, direkt auf die Assimilation zurückzuführender Stoff sei, sondern ein sekundärer. Auch dieses wird nicht ausnahmslos angenommen. Denn bei Diatomeen soll das Fett nach Naegeli, Pringsheim usw. ein direktes Assimilationsprodukt sein.

Während in der Tierphysiologie schon lange über Entstehung von Fett aus Eiweiß und Kohlehydraten debattiert wird, und die Möglichkeit einer Entstehung aus Eiweiß nun zugegeben wird, ist die Frage bei Pflanzen noch verhältnismäßig wenig erörtert worden.

Ob das Fett aus Kohlehydraten direkt entstehen kann, ist vom chemischen Standpunkt aus mit einem kräftigen Fragezeichen zu versehen.

Zwar wissen wir, daß Fette und Kohlehydrate einander oft vertreten, da die einen Gewächse Fett anhäufen, wo verwandte Arten, Gattungen oder Ordnungen Stärkemehl aufspeichern; ferner, daß Fett in einem Gewebe verschwindet, worauf Stärke an dessen Stelle tritt, aber auch umgekehrt.

So sind die Rapssamen, aus denen im reifen Zustande Öl gepreßt wird, vor vollständiger Reife mit Stärkekörnern angefüllt.

Daraus folgt aber nicht, daß Fett in Kohlehydrat oder Kohlehydrat in Fett übergehen kann.

Dafür, daß bei niederen Pilzen Fett aus Eiweiß hervorgeht, was nach O. Loew sehr wohl möglich ist, da Fettkomplexe im Eiweißmolekül präformiert sind, lassen sich manche Tatsachen anführen.

So ist es nach Naegeli[1] eine allgemeine Erscheinung, daß in Pilzzellen, die in der Jugend bloß plasmatischen (aus Albuminaten bestehenden) Inhalt besitzen, späterhin mehr oder weniger Fett auftritt.

Dies ist auch dann der Fall, wenn dieselben in reinem Wasser sich befinden und somit keine fettbildenden Stoffe aufnehmen können; denn das kohlensaure Ammoniak, das sich nicht abhalten läßt, vermögen sie nicht zu assimilieren.

Man beobachtet daher auch, daß das Plasma mit dem Erscheinen des Fettes sich vermindert.

---

[1] A. a. O.

Daß letzteres hier nicht von stickstoffreien Kohlenstoffverbindungen abgeleitet werden kann, ergibt sich aus dem Umstande, daß solche nur in sehr geringen Mengen im Zellinhalt vorkommen, und daß die aus Zellulose bestehende Membran während der Fettbildung an Substanz oft deutlich zunimmt.

Eine solche Beobachtung ist nun unmittelbar entscheidend, wenn es sich um einzellige Pilze, und zwar um solche handelt, wo die Zellen nicht mit anderen Zellen in Berührung sind und nur mit dem umgebenden Wasser in gegenseitigem diosmotischen Austausch stehen.

Bei den mehrzelligen Schimmelpilzen läßt sich der allfällige Einwurf, es könnten die fettbildenden Zellen Stoffe aus anderen Teilen des Fadens erhalten haben, mit der Tatsache widerlegen, daß alle Zellen sich gleich verhalten.

Jede einzelne Zelle und somit auch die Gesamtheit der miteinander in Verbindung stehenden Zellen wird an Albuminaten ärmer, dagegen an Fett und Zellulose reicher.

Für derartige Beobachtungen sind die Schimmelpilze am brauchbarsten, weil sie viel Fett erzeugen.

Allein auch bei den Sproßpilzen, welche alle verhältnismäßig arm an Fett sind, kann nach der mikroskopischen Untersuchung kein Zweifel hieran bestehen.

Einiges über das Fett in Samen. Mikrochemischer und chemischer Befund.

Wenn man Leinsamen aufquellen läßt und dann zerquetscht, so kann man unter dem Mikroskop bei Zusatz von alkoholischer Sudanlösung stark rot gefärbte, durchsichtige Fettropfen in fast allen Zellen finden.

Solche die Zelle fast erfüllende Öltropfenvorkommnisse habe ich bei Hefe niemals beobachtet. Man merkt sofort, daß man beim Lein mit einer Ölpflanze zu tun hat.

Mit Überosmiumsäure nehmen dieselben Öltropfen rasch eine durchsichtig braunschwarze Farbe an.

Weiße Bohnen ergeben nach dem Aufquellen an Durchschnitten durch die dicken Keimblätter fast sofort eine gelbbraune Farbe der Zellen mit Überosmiumsäure.

Bei näherer Betrachtung zeigt sich, daß die Zellhaut und die Stärkekörnchen völlig weiß geblieben sind, während die Eiwei körnchen bräunliche Farbe aufweisen, also offenbar mit Fett gemischt sind.

Behandelt man neue Schnitte durch Bohnenkeimblätter mit alko-

holischer Sudanlösung, so erweisen sich auch Stärkekörner und Zellhäute ungefärbt, während die Eiweißzwischenmasse eine rote Farbe annimmt, freilich nicht so rein wie bei Linum. Es handelt sich eben hier um eine Mischung von Eiweiß mit Öl.

Wenn man Kürbissamen keimen läßt, so hat man an den Kotyledonen gute Studienobjekte für Fettstudien.

Man beobachtet am vierten bis fünften Keimungstage deutliche Veränderungen im Zellinhalt des fettführenden Gewebes.

Das Plasma ist grobschaumig geworden und in seinen Strängen und Platten sind zahlreiche Öltropfen sichtbar.

Es macht den Eindruck, als ob das Fett anfänglich in kolloidaler Lösung im nichtvakuolisierten Plasma vorhanden gewesen wäre, und bei Erreichung eines bestimmten Quellungszustandes des Protoplasten eine Entmischung erfolgen würde.

Die Öltropfen nehmen nun an Zahl allmählich deutlich ab, je weiter die Keimung fortschreitet.

Es nimmt also das Fett im keimenden Samen die Form einer Emulsion an (Sachs).

Im folgenden seien einige chemische Analysen über das Verschwinden des Fettes bei der Keimung der Ölsamen angeführt:

Nach Hellriegel enthält[1] Rapssamen:

ungekeimt	in Keimperiode I	K. P. II	K. P. III	K. P. IV	K. P. V	
47·09 % Fett	47·76	43·77	41·0	38·66	36·22 %	der Tr. S.

Nach Peters enthalten Kürbissamen:

ungekeimt	in Keimperiode I	K. P. II	K. P. III	
49·51 % Fett	51·67	33·43	12·71	% der Tr. S.

Nach Muntz enthalten 5 g Rettigsamen:

ungekeimt	nach 2 Tagen	nach 3 T.	nach 4 T.	
1·750 g Fett	1·635	1·535	0·790	g Fett

20 g Mohnsamen:

ungekeimt	nach 2 Tagen	nach 4 T.	
8·915 g Fett	6·815	3·100	g Fett

20 g Rapssamen:

ungekeimt	nach 3 Tagen	nach 5 T.	
8·540 g Fett	5·235	3·700	g Fett

Nach Detmer enthalten 100 g trockner Hanfsamen:

ungekeimt	nach 7 Tagen	nach 10 T.	
32·62 g Fett	17·09	15·20	g Fett

[1] Aus Czapek, *Biochemie*. 1905. S. 127 u. 128.

Nach Maquenne enthalten Erdnußsamen:

ungekeimt	nach 6 T.	nach 10 T.	nach 12 T.	nach 18 T.	nach 28 T.
51·39 % Fett	49·81	36·19	29·0	20·45	12·16 % Fett d. Tr. S.

Rizinussamen:

ungekeimt	nach 6 T.	nach 10 T.	nach 12 T.	nach 18 T.	
51·40 % Fett	33·71	5·74	6·48	3·08	% Fett d. Tr. S.

Die Abnahme schreitet also verschieden rasch vor, ist aber in allen Fällen recht beträchtlich. Der Keimungsvorgang verbraucht Fett.

Umgekehrt wurde auch der Fettansatz bei der Reifung der Samen verfolgt.

Kohlehydrate scheinen dort die Vorläufer zu sein.

Unreife Ölsamen enthalten reichlich Stärke.

So auch andere Fettsamen; in ihnen findet man bei unreifem Zustande verschiedene Kohlehydrate, Zucker u. dgl., aber kein Fett vor.

Nach A. Roupsille enthalten reifende Oliven:

zuerst	nach 1 Mon.	2 Mon.	3 Mon.	4 Mon.	5 Mon.
1·397 % Rohfett	5·490	25·19	62·304	67·213	68·573 % Rohfett

Man sieht, wie mächtig der Fettbildunsgprozeß von einer gewissen Zeit ab einsetzt. Der Samen wird fester, die Testa färbt sich.

Während des Reifens wird allmählich der respiratorische Koeffizient größer als 1, d. h. es wird weniger CO_2 abgegeben als Sauerstoff verbraucht. Ist der Samen völlig ausgereift, so wird CO_2/O_2 wieder kleiner als 1 (Gerber).

Man erkennt, wie der Stoffwechsel in andere Bahnen gelenkt wird.

Daß eine Zeitlang mehr Sauerstoff verbraucht als Kohlensäure ausgegeben wird, ist von hohem Interesse.

Es stimmt das einigermaßen überein mit dem, was man bei Hefe und anderen Pilzen als Vorbedingung zur Fettbildung in den Zellen annimmt, nämlich, daß reichlich Sauerstoff hinzutritt und verbraucht wird; ohne dies gelingt die Fettbildung nicht.

Die Angaben über die geringere Kohlensäureausgabe in heranreifenden Olivensamen weisen uns noch darauf hin, daß ein Teil des Sauerstoffs in der Zelle gebunden verbleibt.

Wie das geschieht, ist ebenso dunkel, wie der ganze Fettbildungsvorgang, der nun auf einmal einsetzt, sobald die Samen sich zur Reife anschicken.

„Selbst in anatomischer Beziehung", sagt Czapek[1], „sind noch

[1] A. a. O. S. 134.

manche Punkte hinsichtlich der Fettbildung aufzuklären, insbesondere wird noch der Entstehungsort der Fettröpfchen und die Möglichkeit einer Wanderung des Fettes von Zelle zu Zelle näher zu studieren sein. Derzeit geht die Meinung der Autoren dahin, daß das Fett in den Zellen des Nährgewebes selbst entstehe und das Rohmaterial in Form von Zucker in das Nährgewebe einströme. Über die Entstehung der Fettropfen im Plasma sind sichere Tatsachen noch nicht bekannt."

Der chemische Fettbildungsvorgang aus Kohlehydrat ist ebenfalls unaufgeklärt.

Daß der reifende Same in einem gewissen Stadium viel freie Fettsäure enthält, macht die Sache nicht klarer.

Denn gerade um die Entstehung der Fettsäure handelt es sich; das Glyzerin als anderer Bestandteil des Fettes bietet der chemischen Erklärung weniger Schwierigkeiten dar. Aber dieses Fettsäuremolekül mit 16 bis 18 C-Atomen, die kettenförmig aneinander gereiht und fast alle nur mit Wasserstoff verbunden sind! Wie kann es entstehen?

O. Loew hat einen chemischen Weg gewiesen[1], auf dem das Fettsäuremolekül von dem Plasmaproteinmolekül entspringen könnte.

Schon Pflüger hatte bei Besprechung der intramolekularen Atmung darauf hingewiesen, daß eine Eiweißzersetzung unter Bildung von Fett, Kohlensäure und Ammoniak anzunehmen sei.

O. L. zeigte nun an seiner prismatischen Eiweißformel, daß durch Spaltung des Prismas parallel zur Längsachse Leuzin neben Ammoniak und Kohlensäure entstehen könne; ersteres (eine Amidosäure der Fettreihe) könne als Vorläufer von Fett gelten:

$$
\begin{array}{lllll}
\text{a)} & \mathrm{CHOH-} & & \mathrm{COOH} & +\ \mathrm{H} \\
 & \ \ | & & \ \ | & \\
\text{b)} & \mathrm{CH-NH} & & \mathrm{CH-NH_2} & \\
 & \ \ |\quad\ \ | & & \ \ | & +\ \mathrm{CO_2} \\
\text{c)} & \mathrm{C\!-\!\!-\!CHOH} & \left\{\begin{array}{l}\mathrm{H_2O}\\ \mathrm{H_2O}\\ \mathrm{H_2O}\end{array}\right. & \mathrm{CH_2} & \\
 & \ \ \| & + \qquad\qquad = & \ \ | & \\
\text{d)} & \mathrm{CH} & & \mathrm{CH_2} & \\
 & \ \ | & & \ \ | & \\
\text{e)} & \mathrm{CH-NH} & & \mathrm{CH_2} & +\ \mathrm{NH_3} \\
 & \ \ | & & \ \ | & \\
\text{f)} & \mathrm{C-CHOH} & & \underbrace{\mathrm{CH_3}}_{\text{Leuzin}} & +\ \mathrm{CO_2} \\
 & \ \ \| & & &
\end{array}
$$

Eine direkte Verwandlung von Kohlehydrat in Fett ist kaum denkbar. Man muß also annehmen, daß das Kohlehydrat (unter Zutritt vom Ammoniak) zuerst zu Eiweiß wird, welches dann Fett abspaltet.

---

[1] Loew und Bokorny, *Chem. Kraftqu.* S. 31 ff.

Möglicherweise ist das Protoplasmaeiweiß überhaupt das primäre Produkt, woraus dann nicht nur Fett, sondern auch andere Stoffe der Zelle abgespalten werden.

Schlußbemerkungen.

Ob durch Fäulnis Fett gebildet werden kann, ist auch eine Frage, die hier einschlägt.

Denn die Hefe- und andere Pilzmassen geraten leicht in Fäulnis.

Es könnte also ein Teil der Fettbildung hierauf zurückzuführen sein, wenn das nachgewiesen wäre.

Schon Naegeli hat diesen Punkt ins Auge gefaßt.

Er erwähnt zunächst[1], daß unter den Fäulnisprodukten des Fleisches Palmitinsäure und Ölsäure angegeben werden.

Es ist jedoch nicht nachgewiesen worden, daß diese Stoffe wirklich Erzeugnisse eines Gärungsvorganges seien (nur niedere Fettsäuren bis hinauf zur Kapronsäure befinden sich unter den Fäulnisprodukten).

Das Fleisch war zwar bei den betreffenden Versuchen so gut als möglich entfettet worden.

Da aber Bierhefe auf diesem Wege nicht fettfrei gemacht werden kann, so wäre es möglich, daß die ganze Menge der gefundenen Fettsäuren (etwa 3 Prozent der trockenen Eiweißsubstanz) oder doch ein Teil derselben erst bei der Zersetzung des Fleisches durch die Fäulnis physikalisch freigemacht und damit dem Äther zugänglich geworden wäre.

Ein anderer, bei obiger Angabe, wie es scheint, unberücksichtigt gebliebener Punkt ist der, daß die faulende Flüssigkeit nicht bloß die Fäulnisprodukte, sondern auch Fäulnispilze, und zwar in sehr großer Menge, enthält, daß beide sich mechanisch nicht trennen lassen, und daß man sich daher immer die Frage vorzulegen hat, ob eine gefundene Verbindung aus dem Gärmaterial oder aus dem Gärpilze komme.

In dem vorliegenden Falle konnte immerhin ein erheblicher Teil, und unter günstigen Bedingungen für die Fettbildung sogar die ganze Menge der Fettsäuren in den Fäulnispilzen enthalten sein.

„Wollte man alle in einer faulenden Flüssigkeit vorhandenen Verbindungen als Produkte des Fäulnisprozesses betrachten, so müßte man Albuminate und Zellulose zu den Fäulnisprodukten rechnen.“

„Daß höhere Fettsäuren durch faulige Gärung entstehen, ist zwar an sich nicht unmöglich, aber schon aus dem Grunde sehr unwahrschein-

[1] A. a. O. S. 288.

lich, weil alle bis jetzt bekannten Gärprodukte entweder flüchtig, oder in der Flüssigkeit, in der sie sich bilden, löslich sind."

„Die Bildung einer unlöslichen Verbindung, und noch dazu von so zusammengesetzter Konstitution, durch die Bewegung des Gärvorganges dürfte in mechanischer Beziehung schwer zu erklären sein."

„Wenn in dem Roquefortkäse wirklich, wie behauptet wird, beim Reifen das Kasein sich vermindert und das Fett sich vermehrt, so kann dieser Vorgang nicht von einer Gärtätigkeit abgeleitet werden, welche in diesem Stadium aufgehört hat, sondern nur von der jetzt reichlichen Schimmelvegetation, welche das Kasein als Nahrung verwendet."

Naegeli lehnt also die Möglichkeit der Bildung von Fett als Fäulnisprodukt ab, gibt aber zu, daß die in faulenden Substraten angesiedelten Pilze in ihren Zellen Fett aus der vorhandenen Nahrung bilden.

Tatsächlich gelten bis zum heutigen Tage von den Fettsäuren als Fäulnisprodukte nur niedere Fettsäuren, wie Essigsäure, Milchsäure, Buttersäure, Bernsteinsäure, Baldriansäure (sonstige Fäulnisprodukte sind Leuzin, Tyrosin, Glykokoll, Indol, Skatol, Skatolkarbonsäure, Hydrozimtsäure, Phenylessigsäure, Phenol usw.).

Immerhin ist durch das Aufkommen von Bakterien- und Schimmelpilzen in Hefeversuchen die Gefahr gegeben, daß vorhandenes Fett zum Teil auf diese beigemengten Pilze entfällt.

Man wird also durch mikroskopische und sonstige Prüfung auf solche Beimengungen fahnden müssen, um nicht getäuscht zu werden.

Das ist auch in den vorher beschriebenen Versuchen immer geschehen.

Eine andere Frage ist, wie die Fettbildung in einer Hefe, die infolge der Anwesenheit eines Giftes nicht mehr wächst und in einer Art Betäubungszustand sich befindet, vor sich gehen kann.

Ist das Protoplasma- oder Fermenttätigkeit?

Wenn die Zellen alle abgestorben sind, kann natürlich von einer Protoplasmatätigkeit keine Rede mehr sein.

Indes vergeht bis dahin doch einige Zeit und kann bis zu diesem Zeitpunkt einiges Fett aus dem Plasmaeiweiß gebildet werden.

Daß ein Enzym bei dem Vorgange beteiligt sei, ist bis jetzt durch nichts erwiesen.

Es gibt zwar fettbildende Enzyme in der Hefe, wie jetzt angenommen wird. Euler[1] sagt hierüber:

---

[1] A. a. O. S. 131.

„Man findet in den Hefezellen immer Fett, und zwar in stark und schnell wechselnden Mengen.

Am Verbrauch und an der Speicherung dieser energieliefernden Stoffgruppe müssen Lipasen beteiligt sein.

Dieselben sind von Laxa in Hefen nachgewiesen worden.

Über ihre Wirksamkeit in den Hefezellen ist indessen noch nichts Näheres bekannt.

Im Hefepreßsaft scheinen die Lipasen die Gärwirkung dadurch ungünstig zu beeinflussen, daß sie das Co-Enzym spalten und dadurch unwirksam machen.“

Indes vermag ein solches Ferment wohl kaum aus Eiweiß Fett zu bilden.

Seine Tätigkeit wird sich darauf beschränken, Fettsäure und Glyzerin zu Fett zu verbinden, ebenso wie es Fett in Glyzerin und Fettsäure spalten kann.

Für die Fettbildung in den von mir beschriebenen Versuchen (Hefe mit 10- bis 50prozentigem Alkohol, Schwefelkohlenstoff usw.) bleibt wohl keine andere Annahme übrig, als daß aus dem Plasmaprotein der Hefe Fett abgespalten wird.

Wie dies chemisch zu denken ist, darüber sind die früheren Bemerkungen in dieser Abhandlung nachzusehen. Es setzt das eine bestimmte Vorstellung über die Konstitution des Plasmaproteins voraus, wie sie in der Loewschen Hypothese über Eiweißbildung gegeben ist.

Da die Fettbildung in der Hefe gegenwärtig großes praktisches Interesse erregt, dürften wohl noch einige weitere Angaben hier am Platze sein.

Die „Fetthefe“ ist ein geläufiges Wort geworden.

Da die Hefe durchaus nicht zu den Ölpflanzen gehört, vielmehr durch ihren hohen Glykogen- und Eiweißgehalt unter den Physiologen bekannt ist, erregt diese Bezeichnung einigermaßen das Staunen der Hefeforscher.

Kann eine Pflanze, die normalerweise nur wenig Fett produziert, zur Fettpflanze werden?

Nach dem, was wir bei höheren Pflanzen sehen, ist das entschieden zu verneinen. Keine Einwirkung, keine Lebensbedingung dürfte den Ölbaum dahin bringen, stärkehaltige reife Samen zu erzeugen; keine Aufzucht wird aus der Kartoffel eine ölhaltige Knolle machen.

Bei niederen Pflanzen ist das gleiche freilich nicht ohne weiteres anzunehmen.

Es ist schon oben an der Hand von Analysen hervorgehoben worden, daß Pilze je nach den Ernährungsbedingungen große Schwankungen im Fettgehalt aufweisen.

Auch bei Algen ist das der Fall.

O. Loew und der Verfasser fanden den Fettgehalt der Spirogyren meist zwischen 6 bis 9 Prozent der Trockensubstanz wechselnd.

Ausnahmsweise kommt aber auch ein höherer Fettgehalt vor.

Verfasser fand im Freien einmal eine Spirogyrenart vor, welche mit Fettröpfchen erfüllt war.

Sonst ist die Spirogyre eine stärkebildende Pflanze, die man leicht zur Anhäufung großer Stärkemengen künstlich veranlassen kann; auch in der Natur findet man oft Spirogyren vor, die mit Stärke sehr reichlich versehen sind.

Jener seltene Fall von Fettspeicherung scheint nun auch bei der Hefe vorzukommen.

Es muß also Bedingungen geben, unter denen die Hefe gewissermaßen zur Fettpflanze wird.

Möglicherweise spielt auch Varietät eine Rolle in der Weise, daß manche Varietäten mehr zur Fettbildung geneigt sind als andere.

Doch ist hierüber bis jetzt nichts in die Öffentlichkeit gedrungen.

Es besteht nur die Gewißheit, daß auch gewöhnliche Handelshefen (Bier- und Getreidehefen) durch geeignete Bedingungen zu einer mäßig gesteigerten Fettbildung veranlaßt werden können.

Anhang über Stickstoffernährung der Hefe.

Da in vorausgehendem häufig der Harn als stickstoffliefernde Flüssigkeit bei den Hefeversuchen erwähnt ist, mögen noch einige Bemerkungen über die N-Ernährung der Hefe Platz finden.

Schon Naegeli und Loew haben ausfindig gemacht, daß Ammoniak als Stickstoffnahrung für Hefe brauchbar sei, Salpeter nicht.

Vier Flaschen wurden mit je 0·732 g Trockensubstanz entsprechender Hefemenge (also etwa 2·196 g Preßhefe + 9prozentiger Zuckerlösung [zuerst 200 ccm, dann auf 400, schließlich auf 800 erhöht]) + 0·035 Prozent K_2HPO_4 + 0·006 Prozent $MgSO_4$ + 0·0015 Prozent $CaCl_2$ beschickt.

Flasche a) erhielt 0·47 Proz. Ammontartrat + 0·005 Proz. Ammonsulfat,
,, b) ,, keine Stickstoffquelle,
,, c) ,, Natronsalpeter (den 0·47 Proz. Ammontartrat äquival.),
,, d) ,, Calciumsalpeter.

Nach 10 Tagen:

	Ernte	Absolute Menge Stickstoff
bei a)	2·836 g	0·2011 g
b)	0·856 g	0·0348 g
c)	0·880 g	0·0377 g
d)	0·970 g	0·0516 g
Ursprüngliche Hefe		0·0680 g

Eine Zunahme an Eiweißkörpern hatte nur bei a), wo der Stickstoff in Form von Ammoniak dargeboten wurde, stattgefunden.[1]

Während Nitrate durch Sproßhefe nicht verändert werden, erfahren sie durch Spaltpilze bekanntlich verhältnismäßig rasch eine Reduktion zu Nitriren und schließlich zu Ammoniak.[2]

Eine Nährlösung von der Zusammensetzung:

Wasser	200·00 g
Dikaliumtartrat	5·00 g
Natriumnitrat	2·00 g
$MgSO_4$	0·08 g
$CaCl_2$	0·02 g
K_2HPO_4	1·00 g

wurde in einen 500 bis 600 ccm fassenden Kolben gebracht, dieser mit doppelt durchbohrtem Kautschukpfropfen versehen und von Zeit zu Zeit Luft, welche konzentrierte Schwefelsäure passiert hatte, durch den Kolben gesaugt. Eine Aussaat von Spaltpilzen wurde nicht gemacht; diese entwickelten sich bald aus den aus der Luft ursprünglich in die Lösung gelangten Keimen und vermehrten sich anfangs ziemlich rasch.

Die Reaktion wurde bald entschieden alkalisch, und schon nach 2 Wochen wurde eine nicht unbeträchtliche Reaktion auf salpetrige Säure mit Jodkaliumstärkekleister nach dem Ansäuern erhalten.

Nach 8 Wochen wurde die gebildete Pilzmasse abfiltriert, sie wog 0·113 g.

Allein trotz dieser verhältnismäßig geringen Masse war der größte Teil des Tartrats zu Karbonat von den Pilzen oxydiert worden, während andererseits die Salpetersäure teils zu salpetriger Säure teils zu Ammoniak reduziert worden war, welch letzteres sich als Karbonat in der Flüssigkeit vorfand.

---

[1] A. a. O.

[2] Naegel und Loew, a. a. O.

Hefepilze haben diese Fähigkeit, Salpetersäure zu Ammoniak zu reduzieren, nicht. Sie müssen mit N-Quellen ernährt werden, welche das N als NH_2 enthalten, wie Pepton, Asparagin, Harnstoff usw.

Meine Versuche wurden in der Weise angestellt, daß reiner Rohrzucker (groß kristallisiert) als Kohlenstoffnahrung gereicht wurde; ein großer Teil desselben wurde natürlich vergoren (nach vorausgehender Inversion). Die zu prüfende Stickstoffsubstanz wurde (in möglichst reinem Zustande) als einzige Stickstoffnahrung in der Nährflüssigkeit aufgelöst. Außerdem wurden alle zur ausgiebigen Hefeernährung nötigen Mineralsubstanzen in Form chemisch reiner Substanzen zugesetzt.

Die Menge der Nährflüssigkeit und der einzelnen Nährsubstanzen wurde so gewählt, daß die Hefe Überfluß vorfand und während der ganzen Versuchsdauer — 48 Stunden — in besten Ernährungsverhältnissen stand.

Die Temperatur war die günstigste für Assimilation und Vermehrung, nämlich 25°.

Das Licht wurde ausgeschlossen, weil Pilze meist bei Licht schlechter gedeihen als in der Dunkelheit.

Die Versuchsflaschen wurden in einem auf 25° geheizten, gut verschlossenen Schrank aufgestellt.

Als Aussaatmenge wurde gewöhnlich 1 g Preßhefe genommen; die Trockensubstanz derselben wurde an einer besonderen Portion zu Anfang der Versuche bestimmt.

Die schließlich vorhandene Hefe wurde auf einem Filter gesammelt und ausgewaschen, dann bei 80 bis 100° so lange getrocknet, bis Gewichtskonstanz eintrat.

Die Kombination Fleischpepton (2·5 Prozent) + Rohrzucker (10 Prozent) ergab 163 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Die Kombination Fleischpepton (2·5 Prozent) ohne Zucker, mit Luftdurchleitung, ergab 152 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Die Kombination Somatose (Fleischalbumose, 0·25 Prozent) + Rohrzucker (5 Prozent) ergab 10·5 Prozent Trockensubstanzabnahme.

Die Kombination Asparagin (2·5 Prozent) + Rohrzucker (5 Prozent) ergab 96·8 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Die Kombination Asparginsäure (0·25 Prozent) + Rohrzucker (5 Prozent) ergab 55·2 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Die Kombination Leuzin (0·25 Prozent) + Rohrzucker (5 Prozent) ergab 82·0 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Die Kombination Tyrosin (0·25 Prozent) + Rohrzucker (5 Prozent) ergab 54·5 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Die Kombination Glykokoll (0·25 Prozent) + Rohrzucker (5 Prozent) ergab 19·4 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Die Kombination Harnstoff (0·25 Prozent) + Rohrzucker (5 Prozent) ergab 21·2 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Die Kombination Ammoniak + Rohrzucker ergab 0·00 Prozent Trockensubstanzzunahme.

Das völlige Versagen der Fleischalbumose liegt zweifellos daran, daß dieselbe durch die Plasmamembran (vielleicht schon durch die Zellhaut) nicht einzudringen vermag; sie ist schwer diosmierbar.

Der ausnehmend gute Erfolg mit Pepton hat wohl nicht in der größeren Konzentration seinen Grund; denn so hohe Konzentrationen sind eher ungünstig, und 0·25 Prozent ist wohl genug, um der Zelle so viel Nährstoff zu liefern, als sie verarbeiten kann. Auch hat ja das Asparagin, das ebenfalls zu 2·5 Prozent geboten wurde, keinen entsprechend höheren Ertrag geboten.

Vielmehr ist zu glauben, daß das Pepton eine vortreffliche Stickstoffquelle ist; es vermag ja außerdem auch C-Nahrung zu liefern, wie aus dem zuckerfreien zweiten Peptonversuch hervorgeht.

Es kommt mir auch nicht wahrscheinlich vor, daß, wie von mancher Seite behauptet wird, das Pepton nur deswegen eine so vortreffliche Nahrung für Hefe sei, weil es reichlich Aminosäuren als Verunreinigung enthält.

Denn sonst müßten ja die Aminosäuren, allein angewendet, bessere Ernährungsresultate geben.

Ferner sieht man ja auch an dem Somatoseversuch, welch geringen Ausschlag die Verunreinigungen geben, die doch in der Somatose vermutlich auch vorhanden sind.

Außer dem schon erwähnten Asparagin hat auch das Leuzin einen höheren Ertrag an Trockensubstanz (nach dem Pepton) gegeben.

Glykokoll ist am wenigsten günstig.

Es ist nicht leicht zu sagen, worauf die Unterschiede beruhen.

Euler gibt an[1], daß die N-Quelle um so brauchbarer sei, je leichter und vollständiger sie ihren Stickstoff in Form von Ammoniak an die Hefe abgeben kann.

---

[1] *Chemie der Hefe.* S. 232.

Freilich fehlt uns die Einsicht, wie leicht oder wie schwer der Stickstoff als NH_2 aus diesen Verbindungen abgegeben wird, zumal hier nicht die rein chemische Abspaltungsarbeit, sondern die physiologische in Betracht kommt.

Als brauchbar zur N-Ernährung der Hefe werden außer den schon erwähnten N-Verbindungen noch angegeben: Glutamin, Adenin, Alanin, Valin, sowie die übrigen Monoaminosäuren, welche bei der enzymatischen Eiweißspaltung entstehen (Hefe kann von den Selbstverdauungsprodukten anderer Hefezellen leben).

„Die reinen Säureamide, wie Azetamid und Benzamid, sind viel weniger geeignet.

Eine Ausnahme scheint Formamid zu machen, welches seinen Stickstoff leicht in Form von Ammoniak abspaltet (nach Watermann[1]).

Harnstoff, das Diamid der Kohlensäure, ist nach Lindner eine ziemlich gute Stickstoffquelle für Hefe.

Nach Thomas wird der Harnstoff in 10prozentiger Zuckerlösung nur wenig, dagegen in 20prozentiger sehr gut ausgenutzt.“[2]

An den Harnstoff knüpft sich in neuester Zeit noch ein besonderes Interesse wegen der Massendarstellung der Hefe zu Futterzwecken.

Da derselbe wohl die billigste Stickstoffquelle ist, wenn er als Harn angewendet wird, und dieser außerdem noch wertvolle Nährsalze enthält, so ist der neuestens eingeschlagene Weg zur Gewinnung von Hefe wohl gangbar.

In München wird die gesamte Harnstoffausscheidung bis jetzt in den Fluß geleitet, dasselbe geschieht wohl auch in anderen großen Städten.

Erwähnt sei noch, daß die Aminotetrazotsäure:

$$NH_2.C\begin{matrix} \diagup N-N \diagdown \\ \diagdown NH \diagup \end{matrix}N$$

keine Stickstoffnahrung für Hefe ist, wie Verfasser durch eine Anzahl von Versuchen dargetan hat.

Dieselbe ist eine Stickstoffsubstanz mit ringförmiger Bindung der N-Atome.

Es scheint, daß die Hefe diesen Ring nicht zu sprengen vermag.

Auch ist die Aminotetrazotsäure etwas giftig.

---

[1] *Holl. Beitr. z. Mikrobiol.* 1913. Bd. II.

[2] Euler, a. a. O. S. 234.

Faktisch wuchs mir niemals Hefe, wenn die Aminotetrazotsäure als einzige Stickstoffnahrung gereicht wurde.

Sie löst sich zu ungefähr 1 Prozent (1:85·25) in Wasser auf, kann also in genügend konzentrierten Lösungen dargeboten werden.

Trotzdem ergab sich immer ein negatives Resultat, auch dann, wenn die Verdünnung so groß genommen wurde, daß die Hefe keinen Schaden litt (bei 0·1 Prozent), wenigstens nicht abstarb; die Gärung trat dabei ungehindert ein.

Im großen und ganzen kann man sagen, daß von der Hefe nur Stickstoffverbindungen, welche den Stickstoff als NH_2 enthalten, assimiliert werden, aber auch diese nicht immer (Aminotetrazotsäure enthält eine NH_2-Gruppe.)

Über das Sehvermögen und das Pupillenspiel großhirnloser Tauben.

Von

A. Noll.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Jena.)

Im Laufe der letzten Jahre habe ich an Tauben, deren eine oder beide Großhirnhemisphären weggenommen waren, das Sehvermögen und die am Auge selbst ablaufenden Reaktionen genauer untersucht. Es galt hauptsächlich festzustellen, inwieweit diese Fähigkeiten erhalten bleiben, wie lange die Störungen, soweit sie nur vorübergehend sind, bestehen, und wie groß das Maß ihrer Restitution ist.

Über das Sehvermögen großhirnloser Vögel, wie es nach ihrem allgemeinen Verhalten und ihren Bewegungen sich beurteilen läßt, liegen schon viele Beobachtungen vor.

Unter den Irisbewegungen ist der Belichtungsreflex genauer beobachtet worden, auf die akkommodativen Irisbewegungen sind nur wenige eingegangen.

Gerade dem Pupillenspiel wandte ich mein Hauptaugenmerk zu. Zu dem Zwecke war es nötig, zunächst auch an normalen Tieren das Verhalten der Pupille zu studieren.

Die Kreuzung der Sehnerven im Chiasma ist bei der Mehrzahl der Vögel eine vollständige. Die Optikusfasern gehen nach ihrer Kreuzung über die Sehhügel nach dem Mittelhirn, dessen Lobi optici sie außen als weiße Masse überziehen. Im Mittelhirn finden sie ihr Ende. Dort liegt das Okulomotoriuszentrum. Somit sind im Mittelhirn die Einrichtungen für einfache Reaktionen am Auge gegeben. Auch durch das Experiment ist es gelungen, die Beziehungen des Mittelhirns zum Auge darzutun. Sowohl bei Reizung als auch nach Verletzung der Lobi optici hat man

Wirkungen am gegenüberliegenden Auge feststellen können.[1] Es sind dort auch durch die Degenerationsmethode genauere Lokalisationen für den Pupillarreflex versucht worden.[2]

Was ferner die Beziehungen dieser niederen optischen Zentren zum Großhirn betrifft, so weiß man, daß ein Faserzug das Mittelhirn mit dem Okzipitalteil des Großhirns verbindet, der Tractus occipito-mesencephalicus. Es lag nahe, in ihm eine Bahn zu suchen, die die optischen Erregungen in das Großhirn fortleitet. Edinger[3] sieht in der Tat mit anderen in ihm die Bahn für die Vermittlung bewußter Gesichtseindrücke. Schrader[4] allerdings hält diese Lokalisation für nicht zutreffend. Beim Papagei betrachtet Kalischer[5] nicht diesen Teil des Großhirns, sondern das Epistriatum als das Ende der zum Großhirn führenden Sehbahn. Neben diesen anatomischen Tatsachen ist es wichtig festzustellen, daß sich bei Reizung des Großhirns des Vogels Iris-, sowie Lid- und Bulbusbewegungen haben gewinnen lassen.[6]

Will man nun den Einfluß des Großhirns auf die tieferen Hirnteile ganz ausschalten, so kommt es hauptsächlich darauf an, daß man die Pedunculi cerebri, die die einzige Verbindung zum Großhirn bilden, exakt durchtrennt. Das ist viel wesentlicher, als daß man die Hemisphären selbst vollständig entfernt. Denn ein Großhirnrest kann natürlich gar nichts mehr bewirken, wenn er keine Verbindung mehr nach unten hat.

Ein unbedingtes Erfordernis ist es, daß man sich in jedem einzelnen Falle nach dem Tode des Tieres davon überzeugt, daß die Hirnstiele wirklich vollständig durchtrennt sind und etwa noch stehen gebliebene Großhirnreste keine Verbindung mehr zum Zwischenhirn haben. Erst seit den Arbeiten H. Munks und Schraders, welche genaue Sektionen bei ihren Tauben machten, kann man mit zuverlässigen Ergebnissen rechnen.

---

[1] Flourens, *Recherches expériment. sur les propriétés etc.* 2. Aufl. Paris 1842. — v. Bechterew, Pflügers *Arch.* Bd. XXXI. S. 60 u. Bd. XXXIII. S. 413. — Singer u. Münzer, *Denkschriften der Wiener Akademie.* Bd. LVII. S. 569. — Kschischkowski, *Zentralbl. f. Physiologie.* Bd. XXV. S. 557.

[2] Perlia, *Arch. f. Ophthalmologie.* Bd. XXXV. S. 20. — Boyce u. Warrington, *Philos. Transactions of the Royal Soc. of London.* Ser. B. Vol. CXCI. S. 293.

[3] L. Edinger, *Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane d. Menschen u. d. Tiere.* 7. Aufl. Bd. II. S. 291.

[4] Max E. G. Schrader, *Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmakol.* Bd. XXIX. S. 55.

[5] O. Kalischer, *Abhandl. d. Berliner Akad. d. Wissensch.* 1905.

[6] D. Ferrier, *Die Funktionen des Gehirns.* Braunschweig 1879. Deutsche Übersetzung von H. Obersteiner. — J. Steiner, Pflügers *Arch.* Bd. L. S. 603. — O. Kalischer, *Sitzungsber. d. Berliner Akad.* 1901. S. 428.

Desgleichen ist es nötig festzustellen, ob am Zwischen- und Mittelhirn Nebenverletzungen stattgefunden haben. Erst dann, wenn auch solche ausgeschlossen sind, ist der Versuch als geglückt anzusehen.

Ich selbst habe jedes einzelne Gehirn nach dem Tode des Tieres genau betrachtet. In einigen Fällen fanden sich meist nur oberflächliche Verletzungen am Zwischen- oder Mittelhirn oder auch an beiden. Ganz selten nur sah ich Restchen vom Großhirn, die infolge unvollständiger Durchschneidung der Pedunculi Verbindung nach unten hatten. Mein umfangreiches Material gestattet eine scharfe Trennung derjenigen Erscheinungen, welche ausschließlich auf den Verlust des Großhirns zu beziehen sind, von denen, die durch Nebenverletzungen hervorgerufen werden. Wenn nichts anderes bemerkt ist, sind im folgenden immer nur die vollständig gelungenen Fälle gemeint.

Was die Auswahl der Tiere betrifft, so muß ich Munk[1] beistimmen, daß nicht zu junge Tauben am geeignetsten sind. Bei jungen ist zwar die Operation ebensogut ausführbar, meist noch leichter als bei älteren, aber sie überstehen den Eingriff nach meinen Erfahrungen schlechter, auch dann, wenn der Blutverlust nicht bedeutend war.

Das von Schrader[2] angegebene Operationsverfahren ist dem Munkschen zweifellos vorzuziehen. Erstens nämlich durchtrennte Schrader die Hirnstiele durch einen scharfen Schnitt, während Munk sie durchriß. Und zweitens gewährt die Methode Schraders, den Sinus venosus zu entfernen, den Vorteil, daß man beim Emporheben der Hemisphären von hinten die Gehirnbasis besser überblicken kann. Es empfiehlt sich, nach dem Vorgehen Trendelenburgs[3] den Sinus doppelt zu unterbinden und dann zu durchschneiden. Im übrigen hängt der Erfolg davon ab, ob eine größere Blutung eintritt oder nicht. Manchmal gelang es mir, stärkere Blutungen dadurch zu stillen oder zu verringern, daß ich Chloräthyl-Spray verwendete, jedoch versagte er auch in einigen Fällen. Nach meinen Erfahrungen ist die Gefahr, daß man beim Herausnehmen der Großhirnhemisphären das Zwischenhirn oder Mittelhirn verletzt, viel größer als die, daß man die Hemisphären selbst nicht vollständig entfernt. Solche Nebenverletzungen sind aber, auch wenn sie nur oberflächlich und geringfügig sind, bei den hier in Betracht kommenden Prüfungen des

---

[1] H. Munk, Über die zentralen Organe für das Sehen und das Hören bei den Wirbeltieren. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 1883. S. 793.

[2] Max E. G. Schrader, Zur Physiologie des Vogelhirns. Pflügers *Arch.* Bd. XLIV. S. 175.

[3] W. Trendelenburg, Das zentrale Nervensystem der warmblütigen Tiere. Tigerstedts *Handbuch der physiologischen Methodik.* Bd. III. 4. Abt. S. 52.

Gesichtssinnes von größter Bedeutung und unter allen Umständen zu vermeiden, weil man dabei in erster Linie die Optikusfasern verletzt. Vielleicht sind derartige Nebenverletzungen schuld an Ausfallserscheinungen, welche frühere Untersucher fälschlicherweise auf den Verlust des Großhirns zurückführten.

Wenn man nur die Hirnstiele durchtrennen will, ohne die Hemisphären selbst herauszunehmen, so kann man die Eröffnung des Schädels weiter hinten und unten vornehmen als es sonst geschieht. Ich versuchte es einige Male so und ging dann unter sanftem Emporheben der Großhirnhemisphäre mit einem kleinen Messerchen ein, welches vorn halbkreisförmig gebogen war, und durchschnitt damit den Pedunculus. Man erlebt aber auch dabei recht unangenehme Blutungen.

Meine Tiere lebten nach der Operation ganz verschieden lange Zeit. Manche blieben nur einige Wochen am Leben, andere brachten es auf 2 Monate und mehr. Wurden die Hemisphären nicht gleichzeitig, sondern nacheinander entfernt, so daß zwischen der ersten und zweiten Operation Wochen oder Monate lagen, so hielten es die Tiere nach der zweiten Operation etwa noch ebenso lange aus, wie diejenigen, bei denen die Hemisphären zusammen weggenommen wurden. Ich hatte eine Taube, welche so im ganzen 4 Monate lebte, und zwar 2 Monate lang ohne die eine Hemisphäre und dann noch 2 Monate ohne beide; sie starb dann nicht von selbst, sondern wurde getötet. Beschränkt man sich auf die Wegnahme von einer Hemisphäre, so ist dies für die Lebensdauer bedeutend günstiger. Das mag zum Teil daher kommen, daß diese Tiere wieder von selbst fressen lernen.

Das Sehvermögen der Tauben nach Wegnahme beider Hemisphären.

Wer eine großhirnlose Taube wochen- und monatelang beobachtet, dem wird als eines der hervorstechendsten Merkmale auffallen, daß das Tier bis zu seinem Ende gegen seine Umgebung vollständig teilnahmlos bleibt. Nichts, was sich in seiner Umgebung abspielt, vermag seine Aufmerksamkeit zu erregen und seine Tätigkeit zu beeinflussen.

Trotzdem ist das Tier nicht blind.

Unter den neueren Beobachtern[1] war Munk[2] zu dem Schlusse gekommen, daß die völlige Entfernung des Großhirnes bei der Taube andauernd völlige Blindheit mit sich bringt. Diejenigen Tiere, bei denen

[1] Die älteren, sich widersprechenden Angaben über das Sehvermögen großhirnloser Tauben finden sich bei Schrader ausführlich zusammengestellt (Pflügers *Arch.* Bd. XLIV.)

[2] Munk, *Sitzungsber. d. Berliner Akad.* 1883. S. 793.

die Sektion die totale Entfernung beider Hemisphären und Unversehrtheit des übrigen Hirnes ergab, stießen an Hindernisse an, vermieden nie Objekte, welche sich in ihrer Flugbahn befanden, und reagierten, abgesehen vom Pupillarlichtreflex, selbst auf grellste Belichtung nicht (Munks 1. Gruppe). Andere Tiere (Munks 3. Gruppe), bei denen ein kleiner Hemisphärenrest auf einer Seite in Verbindung mit dem Pedunculus stehen geblieben war, zeigten Sehvermögen auf dem gegenüberliegenden Auge. Nach 2 bis 3 Wochen scheuten sie vor der dem Auge genäherten Hand, größeren Hindernissen wichen sie immer gut aus. Wiederum andere (Munks 2. Gruppe) hatten ebenso wie die letzteren, nur in geringerem Grade, Sehvermögen auf dem einen Auge, sie konnten ebenfalls Hindernissen ausweichen, und die Bewegung des Zurückscheuens war von der einen Seite auszulösen, aber nur, wenn die Hand sich von oben her näherte. Von dieser Gruppe gibt Munk keine Sektionsbefunde. Aus seiner Darstellung geht aber hervor, daß er bei diesen Tauben keine Hemisphärenreste gefunden hat. Munk sagt nun: „Es wäre widersinnig anzunehmen, daß durch die gleiche totale Exstirpation der beiden Hemisphären völlige Blindheit auf dem einen und fast völlige Blindheit auf dem anderen Auge bedingt seien, und unabweislich ist die Erkenntnis, daß bei diesen Tauben doch noch ein Rest von der einen Hemisphäre erhalten war, dem restierenden spurenweisen Sehen gemäß äußerst klein, so daß er der Konstatierung entging.“ Damit aber verwirft Munk den Wert des Sektionsbefundes. Die Sache liegt doch so: Wenn sich bei der Sektion kein Hemisphärenrest findet, dann ist auch kein Rest da, diese Tiere müssen also als vollständig großhirnlos betrachtet werden. Hätte Munk, wie es richtiger gewesen wäre, seine Tiere nach den Sektionsbefunden gruppiert, dann hätte er also eine Anzahl rein operierter Tauben gehabt, die auf dem einen Auge sahen. Man ersieht ohne weiteres, daß hier der schwache Punkt in Munks Beweisführung liegt.

Später überzeugte sich Kalischer[1] in Munks Institut selbst davon, daß Papageien nach Durchtrennung der Hauptfaserzüge beider Hemisphären nicht völlig blind sind.

Das Verdienst, die Frage endgültig entschieden zu haben, gebührt jedoch Schrader.[2] Seine Untersuchungen sind von v. Bechterew[3] im wesentlichen bestätigt worden.

---

[1] *Abhandl. d. Berliner Akad. d. Wissensch.* 1905.

[2] Pflügers *Arch.* Bd. XLIV. — Fasola hat schon vorher das Sehvermögen großhirnloser Tauben festgestellt. Die Arbeit war mir leider nicht zugänglich (*Rivista sperimentale di Freniatria etc.* Bd. XV. 1889).

[3] v. Bechterew, *Die Funktionen der Nervenzentra.* 2. Heft. Jena 1909.

Der Wert der Schraderschen Untersuchungen liegt in der exakten Operationsweise, den genauen Sektionsbefunden und den ausgedehnten Beobachtungen der lebenden großhirnlosen Tauben. Schrader macht zunächst darauf aufmerksam, daß der schon von Rolando und Flourens geschilderte schlafähnliche Zustand der entgroßhirnten Taube nur 3 bis 4 Tage lang dauert. In dieser Zeit scheinen sie blind und taub zu sein. Dann aber werden sie lebhafter, und es zeigt sich, daß ihre Bewegungen durch Gesichtseindrücke bestimmt werden. Hindernisse werden sicher vermieden, und zwar Glasglocken ebenso wie Tisch- und Stuhlbeine. An den Wänden des Zimmers biegt das Tier um. Wenn sich einmal eine Taube fand, die über niedrige Hindernisse stolperte, dann zeigte die Sektion eine Verletzung der Thalami optici. Im Fliegen konnten die Schraderschen Tauben Ziele erreichen, wobei sie unter den Gegenständen auswählten. Hierin sieht Schrader den Beweis, daß die Eindrücke der Außendinge nach Form, Größe und Distanz verwertet werden. Daß diese Fähigkeiten, ebenso wie die nicht optischen, nach und nach zunehmen, erklärt sich Schrader durch allmähliches Verschwinden von „Hemmungen", die von der Hirnwunde ausgingen. Dem Einwand, daß bei der Wiedererlangung der Funktionen der Tastsinn eine wesentliche Rolle gespielt hätte, widerlegte Schrader dadurch, daß er geblendete Tauben zum Vergleich nahm. Diese konnten sich im Raume nicht so orientieren wie die gehirnlosen, wenn sie auch diese Fähigkeit nicht ganz eingebüßt hatten.

In einer weiteren Arbeit schildert Schrader[1] ferner, daß die großhirnlosen Tauben bei raschem Annähern eines Gegenstandes ans Auge, aber ohne daß er dasselbe berührt, zurückschrecken und blinzeln. Diese Reaktionen werden aber nicht so plötzlich wie von normalen Tieren ausgeführt, sie sind nicht mehr Ausdrucksbewegungen der Furcht, sondern „leidenschaftslos".

Fragt man nun andererseits danach, welcher Art der gewiß sehr bedeutende Defekt des Gesichtssinnes ist, den der Verlust des Großhirns zur Folge hat, so ist es nach Schrader und v. Bechterew die Unfähigkeit, die Bedeutung der Gegenstände zu erkennen. Alle Erinnerungsbilder, die durch optische und akustische Eindrücke entstehen, sind verloren gegangen, psychische Assoziationen sind nicht mehr möglich. v. Bechterew geht aber weiter als Schrader, indem er den Tieren das Unterscheidungsvermögen der Gegenstände abspricht.

Die von mir operierten Tauben boten im wesentlichen das von

[1] S. 351 Anm. 4.

Schrader geschilderte Bild. Sobald sie sich von dem Eingriff erholt hatten und umherzuwandern begannen, bewiesen sie ihr Sehvermögen auf mannigfache Weise. Im Käfig stießen sie beim Auf- und Abgehen nicht an. Auf den Boden des Zimmers gesetzt, vermieden sie Tisch- und Stuhlbeine auch dann, wenn dieselben dicht beieinander standen und nur schmale, unbequeme Durchgänge frei ließen. Diese Fähigkeit brauchte nicht erst erlernt zu werden, sondern war schon einige Tage nach der Operation da. So verhielt es sich auch mit dem Fliegen, wobei allerdings der Flug im Laufe der Zeit an Sicherheit gewann. Solange die Taube noch schwach war, flatterte sie einfach zum Boden herab, wenn man sie über denselben erhoben und dann losgelassen hatte. Später aber, sobald sie kräftiger fliegen konnte, flog sie im Zimmer selbst auf höher gelegene Gegenstände zu. Dabei machte es den Eindruck, als wenn sie durch einen Gesichtseindruck dazu bestimmt würde. Die einzelnen Tiere verhielten sich dabei etwas verschieden. Die einen waren lebhafter und zeigten die geschilderten Fähigkeiten in höherem Grade als die anderen. Graduelle Verschiedenheiten sind jedenfalls vorhanden. Ich hatte sogar ein Tier, das aus dem stupiden, schlafähnlichen Zustande überhaupt so gut wie nicht herauszubekommen war. Im allgemeinen schien mir der Erfolg günstiger zu sein, wenn ich die beiden Hemisphären nicht in einer Sitzung, sondern zuerst die eine und einige Tage später die andere herausnahm.

Trotz alledem ist der Gesichtssinn einer großhirnlosen Taube doch recht gering im Vergleich zu demjenigen einer normalen. Die Tiere können auf optische Erregungen hin nur ganz einfache Reaktionen ausführen. Sie sind hilflos und dauernd allen Gefahren preisgegeben.

Dies Bild ändert sich aber, sobald ein auch noch so kleiner Hemisphärenrest in Verbindung mit dem Pedunculus stehen bleibt. Eine derartige Taube sah ich von selbst durch die offenstehende Zimmertür auf den Gang gehen, ihn entlang schreiten und dann durch eine ebenfalls geöffnete Tür in ein anderes Zimmer hineinspazieren. Eine andere Taube fiel dadurch auf, daß sie, wenn man ins Zimmer trat, den Kopf einem zukehrte und im Käfig den Bewegungen des Beschauers lebhaft folgte, also sichtlichen Anteil an den Vorgängen in ihrer Umgebung verriet. Bei dieser fand sich später ein etwas größerer Hemisphärenrest. Nach meinen Erfahrungen kann man auf solche Reste schon zu Lebzeiten des Tieres mit Sicherheit schließen, wenn es solche und ähnliche Fähigkeiten hat. Man muß sich übrigens wundern, daß so kleine Reste die Funktionen überhaupt noch beeinflussen können, da sie doch bei der Operation schwer geschädigt sein müssen; es handelt sich ja nur noch um Fetzen von Nervensubstanz.

In gleicher Weise ist das Freßvermögen ein Kriterium für den Erfolg der Operation. Tauben, bei denen restlos das Großhirn entfernt war, lernten nie wieder von selbst fressen; sie taten es aber, wenn kleine Reste stehen geblieben waren. Schrader ist der Meinung, daß es in solchen Fällen Reste des Frontalhirns sind.

Wenn man dem Kopfe einer unversehrten Taube rasch einen Gegenstand, z. B. die Hand, nähert, ohne aber das Auge selbst zu berühren, so zieht sie blitzschnell den Kopf weg und läuft auch einige Schritte zurück. Prüft man jedes Auge für sich, so erfolgt die Bewegung nach der Seite hin.

Munk und Schrader kamen hinsichtlich dieser Fluchtreaktion zu entgegengesetztem Ergebnis. Munk meinte, die Prüfung falle nur bei Tieren mit Großhirnresten positiv aus, Schrader dagegen sah die Reaktion bei ganz reinen Fällen. Auch hierin stimme ich Schrader bei. Die großhirnlose Taube kann sehr wohl auf diese Bedrohung in der geschilderten Weise reagieren. Aber regelmäßig verging eine kürzere oder längere Zeit nach der Operation, bis sie es tat. Jedenfalls ist die Reaktion zunächst vollständig erloschen, selbst dann, wenn das später zu erwähnende Pupillenspiel und das Sehvermögen im übrigen sich schon wieder eingestellt haben. Die Verzögerung dauerte mindestens eine Woche, meist länger. War die Reaktion allmählich wieder eingetreten, so unterschied sie sich doch, wie Schrader schon hervorhob, von derjenigen eines normalen Tieres. Sie war ruhiger, ein eigentliches Zurückscheuen war es nicht mehr.

Ähnlich verhält es sich mit den Blinzelbewegungen, die beim Nähern der Hand erfolgen können.[1] Bei normalen Tieren ist diese Reaktion, die übrigens gewöhnlich konsensuell ist, nicht so konstant wie die vorige. Das Großhirn vermag hier offenbar hemmend einzuwirken. Auch diese Blinzelreaktion konnte ich in der ersten Woche nach der Operation bei keinem Tiere hervorrufen. Tritt sie wieder auf, dann ist auch bei ihr die Bewegung eine langsamere. Bemerkenswert ist, daß ihr Wiedereintreten durchaus nicht mit dem Zurückscheuen zusammenzufallen braucht.

Die Prüfung dieser beiden Reaktionen führt also zu dem Schlusse, daß das Großhirn beim unversehrten Tiere dabei mitspielt. Normalerweise vollzieht sich der Vorgang offenbar so, daß dabei auch Erregungen das Großhirn passieren, bevor die motorischen Impulse von den tieferen Zentren ausgehen. Man könnte hier also von einem „Rindenreflex" ähn-

---

[1] Bei Berührung der Kornea schließt sich nur das gereizte Auge, falls die Berührung nicht zu stark ist. Dasselbe fand C. Eckhard beim Kaninchen (*Zentralbl. f. Physiologie.* Bd. IX. S. 353.) Dieser Korneareflex ist bei der großhirnlosen Taube erhalten, läßt sich aber bemerkenswerterweise bei ihr konsensuell leichter auslösen als bei der unversehrten.

lich wie beim Menschen sprechen.[1] Auf sich selbst angewiesen, können aber diese Zentren auch allein funktionieren, nur vermögen sie den Charakter, den das Großhirn der Bewegung verlieh, nicht wiederzugeben. Die Reaktionen bleiben träger, schwächer.

Ich erkenne damit also diesen niederen Zentren die Fähigkeit zu, wenn sie dem Einflusse des Großhirns entzogen sind, allmählich eine größere Selbständigkeit zu erlangen, als sie bei Gegenwart des Großhirns hatten. v. Tschermak[2] nennt dies in sehr bezeichnender Weise eine „subsidiäre Automatie der tieferen nervösen Zentren". Ihre Selbständigkeit geht aber lange nicht so weit, daß sie die Rolle des Großhirns mit übernehmen könnten.

Daß bei den genannten beiden Reaktionen „Hemmungen" im Sinne von Goltz mitwirken, halte ich nicht für nötig anzunehmen.

Das Sehvermögen der Tauben nach Wegnahme einer Hemisphäre.

Tauben, welche in dieser Weise operiert sind, sollen nach den Angaben einiger Autoren auffallenderweise auf dem gegenüberliegenden Auge blind sein, aber wieder sehend werden, wenn entweder das intakte Auge enukleirt oder die andere Hemisphäre auch entfernt wird.

Unter den Erklärungen, die sich auf das erstgenannte Versuchsverfahren beziehen, seien folgende angeführt.

Munk exstirpierte 3 bis 4 Wochen oder noch später nach Wegnahme der rechten Hemisphäre das Auge derselben Seite. Während diese Tauben vor der zweiten Operation kein deutliches Sehvermögen auf dem linken Auge zeigten, konnten sie danach mit Hilfe dieses Auges Hindernissen ausweichen, Körner picken und vor der genäherten Hand zurückschrecken. Diese letztere Reaktion trat aber nur bei Nähern der Hand von vorn her ein. Für diese Fähigkeiten konnte Munk den Hirnstamm natürlich nicht verantwortlich machen, da er ja ihm bei seinen vollständig großhirnlosen Tauben diese Fähigkeit abgesprochen hatte. Er sagt deshalb, es müsse jedes Auge zu beiden Hemisphären Beziehungen haben, und zwar nur die äußerste laterale hintere Retinapartie zur gleichseitigen, die ganze übrige Retina zur gegenseitigen Hemisphäre. So kommt er zum Schluß, eine totale Kreuzung der Sehnerven könne beim Vogel nicht existieren.

---

[1] Vgl. hierzu: H. Berger, Über die Reflexzeit des Drohreflexes am menschlichen Auge. *Zeitschr. f. d. ges. Neurologie u. Psychiatrie.* Bd. XV. S. 273.

[2] Nagels *Handbuch der Physiologie des Menschen.* Bd. IV. S. 13.

Stefani[1] bestätigte die Versuche Munks und ist ebenfalls der Meinung, das Vogelauge müsse eine direkte Beziehung zur gleichseitigen Hemisphäre haben. Er führt diese jedoch nicht sowohl, wie es Munk tat, auf eine unvollständige Kreuzung der Sehnerven zurück, als vielmehr darauf, daß Faserverbindungen zwischen beiden Zweihügeln existieren.

Schrader[2] berichtet über eine Schleiereule, die er nach Entfernung der linken Großhirnhemisphäre über ein Jahr lang beobachtete. Während dieser Zeit war das rechte Auge vollkommen blind. Nach einem Jahre wurde das linke Auge enukleirt. 8 Tage danach erschien das Tier zuerst blind, dann seelenblind, in der zweiten Woche verschwand die Sehstörung. Das gleiche Verhalten fand er bei Tauben, Falken und Saatkrähen. Auch er findet die Erklärung in dem Erhaltensein der einen Hemisphäre. Diese soll, wenn sie infolge des Verlustes des ihr zugeordneten Auges von dieser Seite nicht mehr beansprucht wird, dem gleichseitigen Auge ihre Aufmerksamkeit zuwenden.

Münzer und Wiener[3] beobachteten ebenfalls Tauben, bei denen eine Großhirnhälfte und das gleichseitige Auge fehlten. Etwa von der zweiten Woche an konnten ihre Tiere wieder sehen. Sie gingen auf die im Käfig gestreuten Weizenkörner zu und pickten sie auf, schreckten auch bei Annäherung der Hand gegen das noch erhaltene Auge zusammen. Noch schöner und deutlicher erreichten sie dies, wenn sie eben aus dem Ei geschlüpfte Täubchen nahmen.

Nicht das gleichseitige Auge, sondern die andere Hemisphäre entfernten Lussana und Lemoigne. Ihre Arbeit war mir aber leider nicht zugänglich. (Literaturangabe bei Schrader, Pflügers Archiv. Bd. 44.)

Ähnlich wie diese sind die folgenden Versuche, es ist aber zu bemerken, daß bei ihnen Großhirnreste stehen blieben.

Münzer und Wiener nämlich nahmen einem dem Ei entschlüpften Täubchen die linke Großhirnhälfte weg. Das Tier wuchs heran und sah auf dem rechten Auge. 6 Wochen nach der ersten Operation wurde auch ein Teil der rechten Hemisphäre weggenommen, und zwar nur das Corpus striatum. Das Sehvermögen auf dem rechten Auge blieb nun, auf dem linken Auge trat Blindheit ein, worin die Autoren jedoch nur eine vorübergehende Erscheinung erblicken. Sie erwägen, ob das Sehvermögen des rechten Auges auf den Hirnrest der rechten Hemisphäre

---

[1] *Zentralblatt für Physiologie.* Bd. III. S. 323.

[2] *Archiv für exper. Pathologie und Pharmakologie.* Bd. XXIX.

[3] E. Münzer und H. Wiener, Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Zentralnervensystems der Taube. *Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie.* Bd. III. S. 379.

zurückzuführen ist, oder ob das Tier mit dem Zweihügel allein das Sehen fertig brachte.

Boyce und Warrington[1], die den Versuch von Münzer und Wiener wiederholten, meinen ebenfalls, daß lediglich ein auch bei ihrem Versuche stehen gebliebener Hemisphärenrest das Sehvermögen erklären könne.

Mir scheint es im wesentlichen auf folgende Fragen anzukommen, nämlich 1. sind einseitig entgroßhirnte Tauben wirklich einseitig blind, und 2. ändert sich an dem Sehvermögen des betreffenden Auges etwas, wenn die andere Hemisphäre vollständig entfernt wird?

Ich lasse meine eigenen einschlägigen Beobachtungen folgen.

Was zunächst das allgemeine Verhalten der einseitig entgroßhirnten Tauben anlangt, so entsprach dasselbe ganz den bisherigen Erfahrungen, insbesondere denjenigen Munks. Das intakte Auge ist maßgebend für die Bewegungsrichtung und die Kopfhaltung des Tieres. Wenn man z. B. die rechte Großhirnhälfte fortgenommen hat, lassen sich die Tauben von links her ruhig einfangen, von rechts her flüchten sie ängstlich, wie es normale tun.

Daß sie aber auf dem geschädigten Auge vollständig blind seien, kann ich nicht bestätigen. Vielmehr kann man an ihren Bewegungen deutlich erkennen, daß auch dessen Gesichtsfeld nicht vollständig leer für sie ist. Indessen will ich zugeben, daß das Sehen mit diesem Auge infolge Dominirens des anderen stark beeinträchtigt wird.

Die Flucht- und Blinzelreaktion sah ich verschiedene Male wiederkommen, beide allerdings nur in abgeschwächtem Maße. Aber auf die Intensität kommt es weniger an als darauf, daß sie überhaupt wieder eintraten.

Im einzelnen gestalteten sich meine Beobachtungen hinsichtlich dieser beiden Reaktionen folgendermaßen. Nur bei einer Taube ließ sich nach Wegnahme der einen Hemisphäre von der gegenüberliegenden Seite her die Fluchtreaktion nicht auslösen; diese Taube lebte aber nur einige Tage. Bei einer anderen traten die Flucht- und Blinzelreaktionen erst nach der zweiten Operation wieder auf; hier vergingen aber zwischen den beiden Operationen nur 17 Tage. Ferner zeigte nur eine Taube das paradoxe Verhalten, daß das ursprünglich blinde Auge gleichzeitig mit der Entfernung der anderen Hemisphäre seine Sehfähigkeit wieder erlangte. In allen anderen Fällen trat nach kürzerer oder längerer Zeit die Reaktionsfähigkeit wieder ein, ohne daß die andere Hemisphäre, beziehungsweise **bevor** auch diese weggenommen wurde.

[1] A. a. O.

Es ist also keinesfalls die Regel, daß nach Wegnahme einer Hemisphäre auf dem gegenüberliegenden Auge dauernde Blindheit besteht, vielmehr haben diejenigen unter den früheren Beobachtern Recht, welche das Gegenteil behaupten. Die Differenzen in den Befunden erklären sich vielleicht durch verschiedenes Alter der verwendeten Tiere. Möglich ist es aber immerhin, daß die stehenbleibende Hemisphäre insofern eine Rolle spielt, als sie die Wiederherstellung des Sehvermögens auf dem gleichseitigen Auge verzögert.

Den Hauptwert jedoch möchte ich auf folgendes Ergebnis legen. Die erwähnten Reaktionen bleiben auch nach Fortnahme der zweiten Hemisphäre erhalten und nehmen dann sogar noch an Stärke zu. Für sie ist also die zunächst erhaltene gleichseitige Hemisphäre nicht unbedingt nötig. Da meine Versuche dies ganz sicher beweisen, möchte ich sehr bezweifeln, daß in den Versuchen von Münzer und Wiener sowie von Boyce und Warrington nur die Reste der zuletzt entfernten rechten Hemisphäre die Veranlassung waren, daß das rechte Auge sehend geblieben war. Zu meinen Versuchsergebnissen stimmt schließlich auch ganz ungezwungen die sonst schwer erklärbare Tatsache, daß nach Fortnahme der zweiten Hemisphäre das dieser zugeordnete Auge auch wieder sehtüchtig werden kann, wobei zu bemerken ist, daß die Kraft des anderen Auges zunächst merklich überwiegt.

Wenn demnach bei einseitig entgroßhirnten Tauben das gegenüberliegende Auge nicht blind ist und sehend bleibt, wenn ihnen auch noch die andere Hemisphäre weggenommen wird, so legt dies nahe, die oben erwähnten Versuche Munks, Stefanis u. a. anders zu beurteilen, als man es bisher tat. Auch bei diesen Versuchen nämlich, bei denen nach Entfernung der einen Hemisphäre das gleichseitige Auge weggenommen wurde, wird schwerlich die stehengebliebene Hemisphäre die Restitution der Sehkraft des noch vorhandenen, ursprünglich blinden Auges allein veranlaßt haben.

Während vollständig großhirnlose Tauben nicht wieder von selbst fressen lernen, erlernen es die nur einseitig entgroßhirnten wieder. Eine Anzahl meiner Tauben brachte es so weit, daß man sie nicht mehr zu füttern brauchte. Sie fingen frühestens 8 Tage nach der Operation an, von selbst wieder die Körner zu picken. Damit bestätige ich nur von anderen schon gemachte Beobachtungen.

Was die Technik der Operation anlangt, so läuft man bei Wegnahme der einen Hemisphäre leicht Gefahr, bei ihrer Ablösung von derjenigen der anderen Seite die letztere an ihrer medialen Fläche zu verletzen. Man trifft dabei den Tractus septo-mesencephalicus. In einem Falle, wo

mir dies passiert war, konnte ich übrigens keine weiteren Ausfallserscheinungen feststellen, welche auf diese Nebenverletzung zu beziehen gewesen wären.

Das Pupillenspiel.

Unversehrte Tauben zeigen auch bei unveränderter Belichtung unter Umständen ein sehr lebhaftes Pupillenspiel. Besonders deutlich ist dies, wenn sich das Tier vorher beim Einfangen stärker erregt hat. Dann sieht man rasche Verengerungen und Erweiterungen der Pupille und gleichzeitig mäßig ausgiebige Bulbusbewegungen, bis es sich wieder beruhigt. Diese Art des Pupillenspieles ist im wesentlichen ein akkommodatives und in diesem Falle ein willkürlich eingeleitetes.[1]

Viel langsamer ist die akkommodative Verengerung der Pupille, wenn man einen Gegenstand dem Auge allmählich nähert. Die Bewegung ist hierbei nicht bei allen Tieren gleich ausgiebig, weshalb man gut tut, bei jedem Tiere, bei dem man die Reaktion auch nach Fortnahme des Großhirns prüfen will, vorher das individuelle Maß der Verengerung festzustellen.

Die Muskulatur der Vogeliris spielt bei der Akkommodation eine aktive Rolle, indem die eigentümliche Formveränderung der Linse zum Teil durch Iriskontraktion hervorgerufen wird. Bezüglich der näheren Einzelheiten bei diesem Vorgange sei auf die ausführliche Darstellung von C. Heß[2] verwiesen.

Außer dieser Reaktion erfolgt in bekannter Weise eine reflektorische Iriskontraktion bei Belichtung. Hierbei aber läuft die Verengerung weitaus schneller, blitzartiger ab.

Schließlich findet noch eine Bewegung der Iris synergisch mit dem Lidschlag statt. Sie verengert sich beim Lidschlusse und erweitert sich verhältnismäßig langsam wieder, wenn das Auge geöffnet wird. Der Beobachter kann nur diese letztere Phase verfolgen. Hierbei handelt es sich lediglich um eine Mitbewegung der Iris, die durch gleichzeitige Erregung des Iriszentrums vom Lidschlußzentrum her hervorgerufen ist. Dieses Phänomen tritt bei großhirnlosen Tauben ausnahmslos ein, ohne auch nur vorübergehend im geringsten gestört zu sein.

Die Pupillenverengerung auf Lichteinfall.

Zur Prüfung dieses Reflexes verwendete ich meist eine elektrische Taschenlampe. Wenn man dabei das nicht belichtete Auge beobachtet,

[1] E. Steinach, Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie der Iris. Pflügers *Arch.* Bd. XLVII. S. 289.

[2] C. Heß, Gesichtssinn. Wintersteins *Handb. d. vergl. Physiol.* Bd. IV. S. 808.

so sieht man eine allerdings nicht starke, aber doch meist ganz deutliche Verengerung auch dieser Iris. Sehr schön läßt sich der Vorgang in folgender Weise demonstrieren. Man beleuchtet z. B. das rechte Auge dauernd mit der Taschenlampe. Solange dies geschieht, bleibt am linken Auge die sonst beim Öffnen des Lides erfolgende synergische Erweiterung der Pupille aus.

Es fragt sich nun, ob hier tatsächlich eine konsensuelle Reaktion vorliegt.

Steinach[1], welcher diesbezügliche genaue Beobachtungen in der Wirbeltierreihe anstellte, kam zu der Auffassung, daß es sich bei den Vögeln hierbei um einen Durchleuchtungseffekt handele, indem das Licht infolge der eigentümlichen Lagerung der Augen im Schädel durch das belichtete Auge bis in das andere Auge hineingelange. Es ist richtig, daß, wie Steinach fand, die Pupille des letzteren rot aufleuchtet, wenn man das andere Auge stark beleuchtet. Ich selbst war anfangs auch geneigt, Steinachs Erklärung für zutreffend zu halten. Dann aber wurde ich zweifelhaft, als ich fand, daß der Versuch auch mit Tageslicht gelingt. Hierbei ist die Wirkung nicht ganz so stark, wie bei Verwendung der elektrischen Taschenlampe, aber doch ganz einwandfrei vorhanden. Um es gut zu sehen, kehrt man am besten das beobachtete Auge vom Fenster ab und beschattet und belichtet abwechselnd das andere Auge. Eine Durchleuchtung kann bei dieser geringen Lichtintensität nicht in Frage kommen.

Steinach führt zwei Gründe an, die für die Richtigkeit seiner Erklärung sprechen sollen. Erstens nämlich fand er, daß die Verengerung der Pupille nur dann eintrat, wenn das Licht die zentrale Netzhautpartie des anderen Auges, nicht aber dann, wenn es dessen Peripherie traf; in letzterem Falle war die Richtung der Lichtstrahlen so, daß sie nicht bis ins beobachtete Auge gelangen konnten.

Diesen Versuch habe ich mit der elektrischen Taschenlampe wiederholt. Ich konnte aber bei der Taube den Effekt sehr wohl beobachten, wenn ich von oben, vorn, hinten oder unten in das Auge hineinleuchtete. Natürlich war Sorge dafür getragen, daß dieses Auge selbst nicht vom Licht getroffen werden konnte.[2]

Als zweites Argument führte Steinach an, daß bei Vögeln mit breiterem, stärkerem Kopf und größerem Abstand der Augen voneinander der Versuch nicht gelingt.

---

[1] Pflügers *Arch.* Bd. XLVII. S. 312.

[2] Inwieweit hierbei wirklich exzentrisch gelegene Netzhautbezirke direkt gereizt werden, und ob nicht vielmehr das im Auge zerstreute Licht die Netzhautmitte reizt, soll dahingestellt bleiben.

Den schlagenden Beweis dafür, daß es sich trotzdem bei der Taube wirklich um eine konsensuelle Reaktion handelt, lieferten mir einige gleich noch genauer zu erwähnende Fälle. Das waren Tiere, bei denen nach Wegnahme des Großhirns infolge einer Mitverletzung des Lobus opticus auf dem diesem gegenüberliegenden Auge Pupillenstarre bestand. Die Pupille dieses Auges war weit und verengerte sich bei direkter Belichtung gar nicht. Nun ließ sich zweierlei beobachten. Erstens trat bei Belichtung dieses starren Auges auch auf dem anderen Auge keine Pupillenverengerung ein. Das hätte aber geschehen müssen, wenn die Durchleuchtung von einem zum anderen Auge Erfolg hätte, um so mehr, als hier das direkt belichtete Auge infolge der erweiterten Pupille den Lichtstrahlen besseren Eintritt gestattete. Dies ist der erste Beweis gegen Steinachs Erklärung. Zweitens, wenn das andere, unversehrte Auge belichtet wurde, dann verengerte sich nicht nur dessen Pupille, sondern auch diejenige des starren Auges. Da hier ein Durchleuchtungseffekt ausgeschlossen ist, weil ja das starre Auge nicht einmal bei direkter Belichtung reagierte, so kann es sich nur um eine nervöse Übertragung der Erregung handeln. Es liegt mithin tatsächlich eine konsensuelle Reaktion vor, und sie gelingt an solchen Augen, weil nur die zentripetale, nicht auch die zentrifugale Reflexbahn geschädigt ist. Da die Kreuzung der Sehnerven vor dem Eintritt ins Gehirn eine totale ist, so muß man annehmen, daß die Erregung im Mittelhirn von einer Seite auf die andere übergeleitet wird.[1]

Schon Ferrier[2] fand, daß nach Zerstörung der beiden Lobi durch den Optikus der anderen Seite eine bilaterale Kontraktion der Pupillen herbeigeführt werden kann, „doch ist", bemerkt er zutreffend, „die Pupillarbewegung ausgesprochener in jenem Auge, dessen Retina direkt durch das Licht erregt wird". Mit diesen Worten hat schon Ferrier die konsensuelle Irisbewegung geschildert.

Die Prüfung der Irisbewegung bei entgroßhirnten Tieren ist in der ersten Zeit nach der Operation dadurch erschwert, daß sie die Augen viel geschlossen halten, oder, wie ich auch öfters sah, rhythmische Blinzelbewegungen mit den Lidern machen. Dies tun die Tauben vornehmlich, solange sie noch in dem soporösen Anfangsstadium sind. Zu einer besseren

---

[1] Indessen gibt v. Bechterew (Pflügers *Arch.* Bd. XXXIII. S. 425) an, daß ein kleiner Teil der pupillenverengernden Fasern ungekreuzt den Okulomotoriuskern erreicht.

[2] A. a. O. S. 80.

Öffnung der Lider brachte ich sie meist leicht durch einen kräftigen Druck mit der Hand in die Brust. Man kann dann folgendes feststellen.

Der Lichtreflex bleibt nach Wegnahme des Großhirns erhalten, und zwar auch konsensuell. Fehlt nur eine Hemisphäre, so kann man, wie ich öfters sah, die Pupille des gegenüberliegenden Auges zunächst für kurze Zeit etwas weiter als die andere finden. Daran dürfte wohl eine vorübergehende mechanische Schädigung der tieferen Hirnabschnitte bei der Operation schuld haben. Es braucht nur ein Druck auf den Lobus opticus ohne sichtbare Verletzung dabei vorgekommen zu sein. Auf dieselbe Ursache dürfte es zurückzuführen sein, wenn unmittelbar nach der Operation der Reflex für einige Stunden oder auch länger versagt. Dies sah ich nur zweimal, sonst war der Reflex immer sofort nach der Operation da, vorausgesetzt, daß die Herausnahme des Großhirns ohne Nebenverletzung gelungen war.

Man kann also sagen, daß das Großhirn mit dem Pupillarlichtreflex direkt nichts zu tun hat. Alle früheren Beobachter stimmen auch darin überein, daß die Pupillenverengerung auf Belichtung durch die Fortnahme des Großhirns nicht gestört wird. Nur Kalischer[1] vermißte sie bei Papageien nach der Operation, trotzdem er nie die ganze Hemisphäre entfernte, also schonender vorging als die übrigen. Da aber nach den Mitteilungen Kalischers der Papagei gegen den Eingriff überhaupt sehr empfindlich ist, hat man darin eine genügende Erklärung.

In allen meinen Fällen, in denen der Reflex dauernd erloschen war, fand sich bei der Sektion eine schon makroskopisch sichtbare Verletzung des Sehhügels der anderen Seite, meist an der Stelle, wo er an den Zweihügel angrenzt. Einige derartige Gehirne wurden nach Marchi behandelt, und es fanden sich dann mehr oder weniger ausgedehnte Degenerationen im Bereich des Mittelhirns. Die synergische Irisverengerung beim Lidschluß war in diesen Fällen ungestört, und die akkommodative Verengerung der Iris war, falls nicht das Zwischenhirn gleichzeitig verletzt war, ebenfalls intakt.

Am interessantesten sind die Folgen der Mittelhirnverletzung bei den nur einseitig entgroßhirnten Tieren, wovon ich vorhin schon sprach (S. 364). Ist dabei eine Mitverletzung des gleichseitigen Lobus opticus, sagen wir des rechten, vorgekommen, so ist die linke Pupille lichtstarr und erweitert, die Iris verengert sich nicht bei direkter Belichtung, wohl aber konsensuell. Auf dem anderen Auge fehlt umgekehrt die konsensuelle Reaktion, während sie direkt auszulösen ist. Es erklärt sich alles ohne

[1] *Abhandl. d. Berliner Akad.* 1905.

weiteres daraus, daß der Insult am Mittelhirn die Optikusbahn, nicht aber das Okulomotoriuszentrum und auch nicht die Verbindung zum Okulomotoriuszentrum der anderen Seite betroffen hat.

Die Pupillenverengerung bei der Akkommodation.

Auf das Verhalten der Iris bei der Akkommodation hatte Munk[1] bei seinen einseitig entgroßhirnten und eines Auges beraubten Tauben schon geachtet. Ebenso wie sie nur dann scheuten, wenn er die Hand von vorn gegen das erhaltene Auge bewegte, so verengerte sich die Pupille auch nur bei Annäherung eines Gegenstandes (Bleistift) von der Schnabelseite her. Wie schon erwähnt, war Munk zu dem Schlusse gekommen, daß die laterale hintere Retinapartie der gleichseitigen Hemisphäre zugeordnet sei.

Kalischer ging später genauer hierauf ein. Er fand beim Papagei, daß schon unter normalen Verhältnissen der Akkommodationsvorgang, ebenso wie der Lichtreflex, sich nur dann hervorrufen läßt, wenn der Gegenstand von vorn genähert wird. Die Abbildung erfolgt hierbei auf dem Teile der Retina, der dem binokularen Sehakt dient.[2] Diesen Bezirk nennt Kalischer die „Schnabelzone", alles übrige den „Hauptteil" der Netzhaut. Zerstörung einer Hemisphäre in der von Kalischer geübten Weise schädigte nur den Hauptteil der gegenüberliegenden Retina, und zwar hob sie alle Reaktionen dauernd auf, wenn sämtliche Faserzüge und Ganglien der Hemisphäre zerstört waren, was also der Herausnahme einer ganzen Hemisphäre gleichkommt. Die Schnabelzone dagegen wurde nicht blind. Von hier aus war die Akkommodation nach einer kürzeren oder längeren Verzögerung immer wieder auszulösen, während der auch der Pupillarlichtreflex von hier vorübergehend aufgehoben war. Um nun zu entscheiden, ob an der Sehtüchtigkeit der Schnabelzone die stehengebliebene Hemisphäre Anteil hat oder nicht, schloß Kalischer auch deren Zerstörung an. Danach blieb jedoch ihr Sehvermögen erhalten, und das Akkommodationsvermögen auch. Daraus geht hervor, daß Papageien ohne Großhirn auf Dinge, die sich auf der Schnabelzone abbilden, ihr Auge einstellen, daß also der zugehörige nervöse Vorgang unterhalb des Großhirns abläuft.

Ich selbst fand bei der Taube keine analogen Verschiedenheiten bezüglich der einzelnen Retinabezirke. Beim unversehrten Tiere läßt sich

---

[1] A. a. O.

[2] Vgl. hierzu v. Tschermak, Studien über das Binokularsehen der Wirbeltiere. Pflügers *Arch.* Bd. XCI. 1902.

mit gleicher Deutlichkeit von allen Seiten her die Akkommodation auslösen, von hinten, oben, unten und vorn. Es bleibt auch diese Reaktion in ganzem Umfange bei großhirnlosen Tieren erhalten. Somit ist die Akkommodation des Taubenauges ohne Einschränkung im wesentlichen eine Funktion des Hirnstamms.

Drei meiner Tauben konnten schon sofort nach der Operation akkommodieren, sei es, daß nur eine oder beide Hemisphären entfernt waren. Diese drei Fälle beweisen natürlich am meisten, wie ich überhaupt dem Prinzip von Goltz[1] beipflichte, daß am wertvollsten diejenigen Tiere sind, die das geringste Maß von Störungen zeigen.

In mehreren Fällen aber verzögerte sich der Wiedereintritt der Reaktion um 2 bis 4 Tage, einige Male auch länger. Als Ursache möchte ich hierfür ebenso wie für die allerdings weitaus seltenere Verzögerung des Lichtreflexes eine leichte Insultierung der stehengebliebenen Hirnteile bei der Operation verantwortlich machen. Wenn sich in solchen Fällen die Akkommodation wieder einstellte, dann vollzog sie sich allmählich, d. h. die Kontraktion der Iris war anfangs gering und wurde von Tag zu Tag stärker. In dieser Restitutionsphase war allerdings zu beobachten, daß die Reaktion nicht von allen Seiten her gleichmäßig prompt erfolgte. Es waren dann aber gerade die inneren und unteren Retinapartien, welche zuerst ansprachen, also nicht die Schnabelzone.

Die Einstellung des Auges kann also bei großhirnlosen Tauben durch die Zentren des Hirnstammes allein erfolgen. Diese Tatsache ist anders zu bewerten als der ebenfalls erhaltene Pupillenlichtreflex. Der letztere ist ein Vorgang, der naturgemäß keine höhere Hirntätigkeit nötig hat. Bei der Akkommodation dagegen handelt es sich um einen Vorgang, der sich nicht durch den einfachen Mechanismus des Reflexes erklären läßt. Wenn man nach dem objektiven Reiz fragt, der die Akkommodation des Auges veranlaßt, so ist er das Größer- und Unscharfwerden des Netzhautbildes. Gleichzeitig erfolgt auch ein Wandern des Bildes auf der Netzhaut, wenn der Gegenstand von der Peripherie her dem Auge genähert wird. Dies letztere Moment aber kommt hier kaum in Frage, da es nicht dem Näherrücken des Objektes eigentümlich ist, sondern auch bei gleichweit entfernt bleibenden, sich bewegenden Objekten stattfindet. Es bleibt also nur das Unscharfwerden des Bildes und seine gleichzeitige Vergrößerung. Wenn dies der Reiz ist, so können wir uns kaum denken, daß er ohne gleichzeitig ablaufende Bewußtseinsvorgänge, die zu einem

---

[1] F. Goltz, Der Hund ohne Großhirn. 7. Abhdlg. Pflügers *Arch.* Bd. LI. S. 570.

Urteil über die durch den Sehnerven vermittelten Erregungen führen, die Akkommodation auslöst. Wir müssen also in der erhaltenen Akkommodation großhirnloser Tauben eine Fähigkeit erblicken, die ebenso wie bei den zielenden Flugbewegungen solcher Tiere auf eine höhere Tätigkeit der Zentren des Hirnstammes zurückzuführen ist. Kurz gesagt beweist auch sie ein gewisses Sehvermögen dieser Teile.

Außerdem kann das Zentrum zweifellos auch vom Großhirn her erregt werden. Das unversehrte Tier zeigt, wie oben erwähnt, eine Lebhaftigkeit des Pupillenspieles, welche das großhirnlose nie wieder erreicht. Das kommt durch Erregungen, welche einer höheren Sinnestätigkeit ihren Ursprung verdanken.

Der experimentelle Beweis für den Einfluß des Großhirns auf die Pupille ist durch Reizversuche geliefert. Ferrier[1] fand zuerst an einer bestimmten Stelle der Großhirnoberfläche einen Bezirk, dessen elektrische Reizung die gegenüberliegende Pupille zur Kontraktion brachte. Die Nachuntersucher bestätigten diesen Befund, wenn auch die Stelle ein wenig anders lokalisiert wurde (Boyce und Warrington[2], Steiner[2]). Steiner fand noch außer der Pupillenverengerung Lidbewegungen und assoziierte Augenbewegungen. Ob es wirklich ausschließlich oberflächlich gelegene Hirnsubstanz ist, die man dort reizt, oder nicht doch eine tiefere Partie (Striatum), will ich hier nicht zu entscheiden versuchen. Jedenfalls habe ich in mehreren Fällen einen prompten Effekt bei der Reizung der Oberfläche erhalten. Die Verengerung der Iris kann dabei außerordentlich hochgradig werden. Ich fand, daß die Reizung selbst dann noch zu einer Verengerung führte, wenn das betreffende Auge aus nächster Nähe mit einer elektrischen Taschenlampe belichtet war.

Was die genauere Lokalisation der Akkommodationsbahn im Hirnstamm betrifft, so geben einige meiner Fälle mit Nebenverletzungen, in denen die Akkommodation dauernd verloren gegangen war, hierüber Aufschluß. Die Verletzung fand sich dann, meist schon makroskopisch erkennbar, am Zwischenhirn. Man sah Rauhigkeiten oder Substanzverluste an der Oberfläche der Thalami. In diesen Fällen war aber der Belichtungsreflex ganz ungestört, sofern nicht gleichzeitig auch das Mittelhirn beschädigt war. Die Flucht- und Blinzelreaktion war meist gar nicht gestört, manchmal nur verzögert.

Als Kuriosum sei schließlich noch folgender Fall angeführt. Eine Taube hatte das Akkommodationsvermögen eingebüßt, infolge eines Groß-

[1] A. a. O. S. 174.

[2] A. a. O.

hirnrestes aber gewann sie ein weit über das gewöhnliche Maß großhirnloser Tauben reichendes Sehvermögen wieder. Der Defekt muß hier also abseits von der von dem Auge zum Großhirn führenden Sehbahn gelegen haben.

Am unversehrten Tiere versuchte ich öfters festzustellen, ob die akkommodative Irisverengerung auch konsensuell einträte, d. h. ob sich auch die Iris desjenigen Auges verengerte, in dessen Gesichtsfeld der Gegenstand, der dem anderen Auge genähert wurde, nicht fiel. Ich konnte aber niemals mit Bestimmtheit einen positiven Erfolg sehen.

Um so erstaunter war ich, als dies bei einer Taube, der die eine Großhirnhemisphäre fehlte, mühelos gelang. Einmal darauf aufmerksam geworden, fand ich dasselbe Verhalten auch bei anderen ebenso operierten Tauben wieder. Es war dann immer so, daß die konsensuelle akkommodative Irisverengerung auf dem der entfernten Hemisphäre gegenüberliegenden Auge zu beobachten war. Bedingung war nur, daß das betreffende Auge eine erweiterte Pupille hatte. Das war, wie erwähnt, nach der Operation manchmal vorübergehend der Fall; die Erscheinung ließ sich daher auch immer nur im Anschluß an die Operation sehen.

Die Erweiterung der Pupille muß auf einer Herabsetzung des Sphinktertonus beruhen. Der Lichtreflex war dabei erhalten.[1] Der Befund läßt sich also folgendermaßen ausdrücken: Bei herabgesetztem Iristonus folgt die Iris einer Erregung, die bei der Akkommodation des anderen Auges ihrem Zentrum von der anderen Seite her zugeht.

Fragt man sich nun, weshalb dies in der Norm nicht geschieht, so liegt es am nächsten, anzunehmen, daß infolge des normalen Iristonus die Erregung nicht wirksam wird.

Es sollen nun einige hierauf bezügliche genauere Versuchsprotokolle folgen.

Taube Nr. 38. Fortnahme der rechten Hemisphäre. Linke Pupille nach der Operation erweitert. Pupillenverengerung am linken Auge bei direkter Belichtung erst nach 2 Tagen deutlich, konsensuell stärker. Akkommodative Irisverengerung links nach 3 Tagen vorhanden. Sie tritt

---

[1] v. Bechterew beschreibt einen solchen Zustand nach erheblicherer Läsion des gegenüberliegenden Zweihügels, betont aber auch, daß die erweiterte Pupille nicht starr ist, sondern sich auf Belichtung regelrecht zusammenzieht (*Die Funktionen der Nervenzentra.* Heft 2. S. 1031).

hier auch konsensuell ein und ist ebenfalls konsensuell stärker. Diese Ungleichheit verschwindet im Laufe der nächsten Tage mehr und mehr. Die konsensuelle Verengerung bleibt aber bis zur Wegnahme der anderen Hemisphäre bestehen. — 17 Tage nach der rechten auch die linke Hemisphäre entfernt. Bei Belichtung zeigt das Verhalten der linken Pupille keine Änderung. Aber die konsensuelle akkommodative Reaktion war verschwunden, während beiderseits direkte Akkommodation vorhanden war.

Taube Nr. 40. Linke Hemisphäre entfernt. Rechte Pupille danach erweitert. Pupillenlichtreflex ungestört. Die rechte Iris akkommodiert bei Nähern der Hand erst nach 5 Tagen. Aber schon nach 2 Tagen ist die Akkommodation konsensuell da, zunächst schwach, dann stärker. Nach 9 Tagen überwiegt der Effekt von der rechten Seite her. Die Pupillenerweiterung bleibt in mäßigem Grade bis zur zweiten Operation bestehen. — Nach 9 Tagen auch die rechte Hemisphäre entfernt. Lichtreflex beiderseits unverändert. Noch am selben Tage zeigt das linke Auge Akkommodation bei Nähern des Fingers von links her. Die konsensuelle Akkommodation des rechten Auges war verschwunden. Tags darauf starb das Tier.

Taube Nr. 42. Rechte Hemisphäre fortgenommen. Danach erweiterte linke Pupille. Lichtreflex ungestört. Akkommodation links zunächst nur konsensuell vorhanden, bei Annähern von derselben Seite her erst nach 2 Tagen mit zunehmender Verstärkung. Die konsensuelle Reaktion trat mehr und mehr zurück und verschwand nach 9 Tagen ganz. — Nach 9 Tagen auch die linke Hemisphäre entfernt. Die Akkommodation fängt auf dem rechten Auge nach 2 Tagen an.

Taube Nr. 43. Rechte Hemisphäre fortgenommen. Linke Pupille danach erweitert. Lichtreflex ungestört. Nach 5 Tagen trat die akkommodative Verengerung der linken Iris bei Nähern der Hand von beiden Seiten her gleichzeitig ein. Konsensuell blieb die Erscheinung nur 3 Tage bestehen. — Nach 9 Tagen auch die linke Hemisphäre entfernt. Lichtreflex beiderseits ungestört, nur etwas herabgesetzt auf der rechten Seite. Akkommodation beiderseits direkt da, konsensuell nicht.

Bemerkenswert ist in den beiden ersten Fällen, daß die konsensuelle Akkommodation verschwand, sobald auch die andere Hemisphäre entfernt wurde. Man möchte zunächst vielleicht denken, daß die Hemisphäre zu ihrem Zustandekommen nötig wäre. Dieser Schluß ist aber nicht gerechtfertigt, denn die konsensuelle Akkomodation ist überhaupt nur eine vorübergehende Erscheinung, was aus den beiden anderen Fällen ersichtlich wird. Es ist möglich, daß in den beiden ersteren ihr Aufhören nur zufällig mit dem Zeitpunkt der zweiten Operation zusammengefallen ist.

Die geschilderten unbeabsichtigten Nebenverletzungen ergaben, daß bei Schädigung des Mittelhirns der Pupillarreflex, bei Läsion des Zwischenhirns die Akkommodation gestört war. Eine genaue anatomische Abgrenzung

der betreffenden Stellen ist vorläufig noch nicht möglich. Offenbar aber handelt es sich bei der Akkommodation um mehr frontal gelegene Teile. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß von irgendeiner Stelle an die Bahnen für die beiden genannten Reaktionen getrennt verlaufen müssen. Es wäre möglich und entspräche einer von v. Bechterew[1] geäußerten Ansicht, daß die Pupillenfasern auf einem kürzeren Wege zum Okulomotoriuszentrum gelangen. Indessen kann hierfür nur eine mit dem Experiment durchgeführte mikroskopische Untersuchung der Gehirnschnitte Klarheit verschaffen.

C. Heß[2] hat bewiesen, daß die reizaufnehmenden Apparate der Retina sowohl für den Pupillarreflex als auch für die Gesichtsempfindungen in den Außengliedern des Sehepithels liegen. Daß sich später die Bahnen trennen, ist auch seine Meinung. Er läßt es aber dahingestellt, ob dies schon im Optikusstamm, bzw. schon vorher, oder erst später geschieht. An einigen sehr guten Schemata hat Heß die verschiedenen Möglichkeiten erläutert. Meine geschilderten Befunde zeigen, daß sich wohl durch das Experiment feststellen lassen wird, ob an der Basis des Hirnstamms diese Trennung schon vorhanden ist.

Zusammenfassung.

Das Sehvermögen vollständig großhirnloser und ohne jede Nebenverletzung operierter Tauben hat sich in dem Maße etwa, wie es seit den Untersuchungen Schraders angenommen wird, auch bei meinen Tauben erhalten gezeigt. Das, was der Gesichtssinn solcher Tiere leistet, tritt schon bald nach der Operation in Erscheinung. Es handelt sich also in der Hauptsache nicht darum, daß der Hirnstamm ganz neue Funktionen lernt, die ursprünglich dem Großhirn zukamen.

Bei der Flucht- und Blinzelreaktion macht sich der Wegfall des Großhirns geltend. Diese beiden Reaktionen fehlten mindestens 8 Tage lang nach der Operation. Wenn sie sich wieder einstellen, ist ihnen der ursprüngliche Charakter dauernd verloren gegangen, indem sie nur noch den Eindruck automatischer Bewegungen machen. Tauben, denen nur die eine Großhirnhemisphäre weggenommen wurde, waren entgegen der bisherigen Annahme auf dem gegenüberliegenden Auge nicht vollständig blind. Das Sehvermögen dieses Auges tritt allerdings wegen des unver-

[1] Pflügers *Arch.* Bd. XXXIII. S. 425.

[2] C. Heß, Untersuchungen zur Physiologie und Pathologie des Pupillenspiels. *Arch. f. Augenheilkunde.* Bd. LX. S. 327. — Derselbe, Das Differential-Pupilloskop. *Arch. f. Augenheilkunde.* Bd. LXXX. S. 213.

sehrten anderen Auges im Verhalten des Tieres sehr zurück. Es lassen sich aber mit der Zeit auch von ihm aus Reaktionen auslösen, wenn auch nur in sehr mäßigem Grade. Wurde solchen Tauben dann auch die andere Hemisphäre genommen, so büßte das zuerst geschädigte Auge nichts ein, seine Fähigkeiten nahmen vielmehr zu und behielten zunächst ein Übergewicht über diejenigen des anderen Auges.

Gar keinen Einfluß hat die Fortnahme des Großhirns auf den Belichtungsreflex der Pupille sowie auf die mit dem Lidschlag synergische Irisbewegung.

Auch die akkommodative Irisverengerung vollzieht sich ohne Großhirn beim Annähern von Gegenständen an das Auge prompt, in günstigsten Fällen schon unmittelbar nach der Operation. Das Mittelhirn hat also die Fähigkeit, auch nach Wegfall von normalerweise sicherlich zu ihm gelangenden Großhirnerregungen diese Reaktion zu vollziehen. Dabei macht es keinen Unterschied, ob das Objekt sich mehr auf peripheren oder zentralen Teilen der Retina abbildet, denn man kann von allen Seiten her das akkommodative Pupillenspiel auslösen.

Die zentralen nervösen Vorgänge im Mittelhirn sind sowohl beim Lichtreflex als auch bei der Akkommodation nicht auf die dem gereizten Auge zugeordnete Hirnhälfte beschränkt. Denn beide Reaktionen können konsensuell erfolgen. Beim Belichtungsreflex ist dies ohne weiteres am unversehrten Tiere möglich. Eine konsensuelle akkommodative Irisbewegung dagegen wurde erst dann sichtbar, wenn das beobachtete Auge infolge des Eingriffs eine Herabsetzung seines Sphinktertonus erlitten hatte, ohne aber dabei Pupillenstarre zu zeigen.

Die Fälle, in denen unbeabsichtigte Nebenverletzungen vorlagen, lehren, daß die einzelnen optischen Funktionen ziemlich unabhängig voneinander gestört sein können. Es kann der Pupillenlichtreflex — und zwar je nach dem Sitze der Verletzung direkt oder konsensuell — fehlen bei erhaltener Akkommodation und umgekehrt. Ferner kann die Fluchtreaktion (Zurückscheuen) sich wieder einstellen, während die Akkommodation dauernd wegbleibt. Und schließlich fallen die Störungen der Fluchtreaktion und Blinzelreaktion auch nicht immer zeitlich zusammen.

Horizontradius und Zenithöhe in ihrem scheinbaren Größenverhältnisse.

Von

Wilh. Filehne.

I. Unsere räumliche Streckenausdeutung an vertikalen Ebenen.

In einer früheren Arbeit[1] habe ich mich u. a. auch mit der räumlichen Ausdeutung der am Fußboden in sagittal-horizontaler Richtung gesehenen Strecken beschäftigt. Auch ist dort der Einfluß der perspektivischen Verkürzung an Strecken untersucht, die in mäßiger Steigung gegen die Horizontalebene liegen. Im folgenden wird nun zunächst über Beobachtungen berichtet werden, die an vertikal stehenden Ebenen in dieser Beziehung angestellt wurden.

Der letzte Zweck, wegen dessen ich diese Untersuchung vorgenommen habe, ist die weitere Aufklärung des physiologisch-psychologischen Geschehens, das die Zenithöhe kleiner als dem Horizontradius erscheinen läßt. So galt mein Interesse hierbei hauptsächlich dem Fernsehen. Bei diesem fällt nun der beim Nahesehen so wichtige Unterschied zwischen ein- und zweiäugigem Betrachten fort. Der Übereinstimmung und der Übertragbarkeit der gemachten Beobachtungen wegen wurde auch in meinen Naheversuchen nur das eine Auge benutzt, um auch hier das zweiäugig-stereoskopische Sehen zu vermeiden.

Daß vertikale Strecken kürzer erscheinen als tatsächlich ebensolange horizontale, ist in der Literatur gelegentlich erwähnt. Indes wurde, soviel mir bekannt, dies niemals irgendwie untersucht; ganz besonders aber ist die Abhängigkeit jener scheinbaren Längendifferenz von der perspektivischen Verkürzung, unter der die verglichenen Strecken bei frei bewegtem Blicke (Auge, Kopf, Rumpf) weder in Frage gezogen, noch nachgewiesen.

---

[1] *Dies Archiv.* 1912. Physiol. Abtlg. S. 461ff.

Nun werden wir im folgenden zu zeigen haben, 1. daß unter gewöhnlichen Umständen, d. h. bei geringer perspektivischer Verkürzung, ein solcher scheinbarer Unterschied überhaupt nicht vorliegt, — 2. daß bei erheblicher perspektivischer Verkürzung die vertikale Strecke kleiner erscheint als die objektiv ebensolange und unter der gleichen Perspektive gesehene horizontale, — und 3. daß dieser Unterschied um so bedeutender wird, je schiefer der Aufblick, je größer also die perspektivische Verkürzung.

Was die Grenzen anbetrifft, bis zu denen und von denen an das unter 1. bis 3. Gesagte gilt, so kann es hierbei ohne einige Willkür und eine gewisse Unrichtigkeit nicht wohl abgehen. Es verhält sich hiermit wie mit der Frage: Wie weit erscheinen uns die Schienen eines Geleises, innerhalb dessen wir stehen, parallel und von wo an sehen wir sie perspektivisch konvergieren? Solange wir nach abwärts schauen, merken wir Durchschnittsmenschen nichts von der perspektivischen Konvergenz; sobald wir aber mehr horizontal und in die Ferne schauen, konvergieren die Schienen. Ein bestimmter Punkt läßt sich nicht angeben, an dem das Konvergieren deutlich wird; nur über die Sehwinkelregion läßt sich in dieser Beziehung Bestimmteres sagen. So lasse man denn auch das etwa willkürlich Anmutende im folgenden unbeanstandet. In Fig. 1 bedeutet $F P_1$ den horizontalen Fußboden, $P_1 P'$ eine auf ihm stehende vertikale, gleichmäßig gemusterte Wand. In O befinde sich das beobachtende Auge in beliebiger Höhe (z. B. in $1^1/_2$ bis 100 m). F ist der Fußpunkt, OF senkrecht auf $F P_1$. Die Linie $O P$ sei das von O auf die Wandfläche gefällte Lot, das auch die Blicklinie darstelle, und $O P$ sei in allem folgenden stets gleich OF. Also beträgt der Winkel $O P_1 F$ und ebenso $P O P_1$ je 45^0. Es ist also $F P_1 = P_1 P$. Und gleichviel wie groß man diese Strecken im Experimente nimmt, sie erscheinen auch gleich groß, sie werden als gleich lang ausgedeutet.

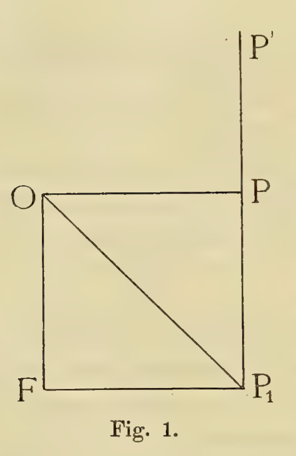


Fig. 1.

Zieht man in der Wirklichkeit auf der vertikalen Wand durch P eine Horizontale, die in Fig. 1 nicht sichtbar gemacht werden kann, die also für den Beobachter eine rechte und linke Streckenrichtung hat, und teilt auch auf ihr von P aus nach rechts und links je eine Strecke $= h = OF = P_1 P$ ab, die wir mit $P P_3$ und $P P_4$ benannt sein lassen, so erscheinen auch diese ebenso groß wie die vertikale Strecke $P_1 P$.

Wenn wir dagegen vom Punkte O aus (in Fig. 1) an OP nach oben einen Winkel von 45° gelegt denken, dessen freier Schenkel die Vertikale in einem Punkte P_2 treffen möge, so daß $P P_2 = P P_1 = O F = P P_3 = P P_4$ sein würde, so erscheint $P P_2$ kleiner als $P P_1$ und als $P P_3$ und $P P_4$.

Anders gestaltet sich dagegen die Sache, sobald man, wie Fig. 2 darstellt, $P P_2$ statt der Augenhöhe $h = O P$ die Länge $0 \cdot 75\, h$ gibt und die Strahlen $P P_1'$, $P P_3$ und $P P_4$ sämtlich ebenfalls gleich $0 \cdot 75\, h$ macht. Alsdann erscheinen diese vier objektiv gleich langen Strahlen dem Auge als gleich lang ($H H'$ = Horizontebene).

Nun wird jeder dieser vier $0 \cdot 75\, h$ langen Strahlen unter den gegebenen Bedingungen ($O P = h = O F$ der Fig. 1) unter einem Sehwinkel

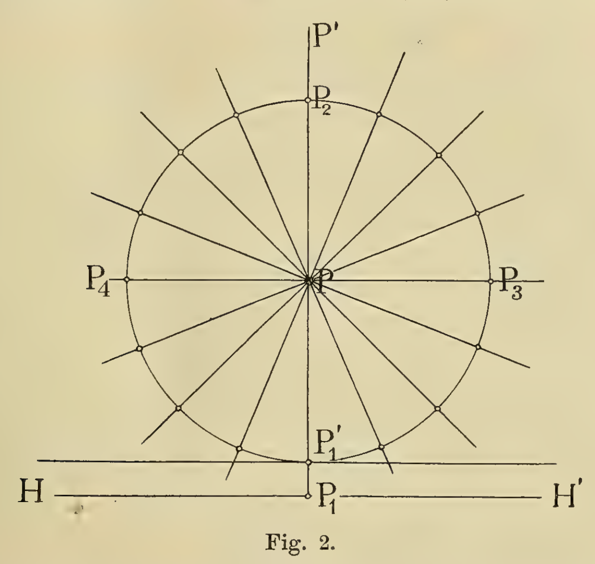


Fig. 2.

von etwa 37° wahrgenommen. Die Endpunkte P_1, P_2, P_3 und P_4 werden also mit geringerer Schiefe des Aufblickes gesehen, als vorher bei einer Länge von h, wo der Sehwinkel 45° betrug und die Endpunkte mit schieferem Aufblicke gesehen wurden. Solange also der Winkel nicht größer als 37° ist, erweist sich die räumliche Ausdeutung nach oben, unten, rechts und links als gleich vollkommen. Wenn der Winkel aber 45° (und größer, s. weiter unten) wird, ist die Ausdeutung nach oben minder vollkommen als nach unten und den Seiten.

In einem Versuche hatte die Versuchsperson, bei der $h = 144$ cm war, an der Wand für unten, rechts und links von P aus Merkzeichen so zu legen, daß die Strahlen $P P_1'$, $P P_3$ und $P P_4$ gleich $P P_2$ erschienen, welch letzterer Strecke die Höhe $= h = 144$ cm gegeben war. Die Marken

wurden 120 cm von P entfernt gelegt. Der Fehler betrug also 24 cm = $^1/_6$. Sonach erscheint $P P_2$, das tatsächlich = 144 cm ist, bezogen auf die drei anderen Strahlen nur 120 cm lang.

Was für die ganzen Strahlen gilt, zeigt sich auch an objektiv gleichen Teilstrecken, die in gleicher Entfernung von P auf den verschiedenen Strahlen liegen. So lange ihr exzentrischer Endpunkt um weniger als $0 \cdot 75\ h$ von P entfernt ist, erscheinen sie gleich; bei größerer Entfernung des Endpunktes erscheint die obere vertikale kürzer als die horizontale und, solange $P P_2$ nicht $> h$, auch kürzer als die untere vertikale.

Im nächsten Versuchsturnus wurde von P aus auf dem Strahle $P P_1$ die Strecke $P P_1' = 0 \cdot 75\ h$ abgetragen. Die Versuchsperson hatte dann von P aus nach oben eine ihrem Sehen nach ebensolange Strecke $P P_2$ abzutragen, und ebenso nach rechts und links P_3 und P_4 zu bestimmen, so daß alle 4 Strahlen gleich erschienen. Bei der Messung erwiesen sich alle vier als gleich. Es wurde dieser Versuch, wie Fig. 2 zeigt, dahin erweitert, daß die vier von den genannten Strahlen gebildeten rechten Winkel durch Strahlen in $\pi/8$ geteilt wurden, so daß nunmehr 16 Strahlen zur Verfügung standen. Auch auf den neuen 12 Strahlen bestimmte die Versuchsperson durch Merkzeichen die Endpunkte so, daß ihr alle 16 Strahlen gleich lang $= 0 \cdot 75\ h$ erschienen. Alle diese durch Schätzungen gewonnenen Strecken waren in ihrer objektiven Länge so übereinstimmend, wie man es bei derartigen Versuchen überhaupt nur erwarten kann. Selbstverständlich gab es kleine Unterschiede, Fehler. Versuchspersonen, die auch sonst ein gutes Augenmaß besitzen, lieferten Abweichungen von 0·5 Prozent der Strecke $P P_1'$; andere machten Fehler bis zu 2 Prozent und mehr. Aber diese Fehler zeigten keine Bevorzugung irgendeiner Strahlenrichtung. Es waren eben die unvermeidlichen, regellosen Versuchsfehler. Da das Auge bei der Abschätzung der Strecken nicht etwa einen bestimmten Punkt zu fixieren hatte, vielmehr die Bewegungen des Augapfels, die Drehung des Kopfes usw. ausgiebig zu benutzen, Vorschrift war, so kamen nur Eindrücke zur physiologisch-psychologischen Verwertung, die von der Fovea ventralis der Netzhaut aufgenommen waren, und es fielen fort die Fehler des exzentrischen Sehens und einiges andere, wie Unterschiede in der temporalen und der nasalen Hälfte des Gesichtsfeldes, Astigmatismus usw.

Es braucht wohl nicht erst ausführlich gemeldet zu werden, daß die Streckenausdeutung an den 15 anderen Strahlen erst recht übereinstimmend wurde, wenn ich $P P_1' < 0 \cdot 75\ h$ nahm.

Als ich aber $P P_2$ gleich etwa 1·18 der Augenhöhe wählte und bei Entfernung des Auges von $P = h$ die Versuchsperson veranlaßte, auf den

oberen 9 Strahlen, der Strecke $P\,P_2$ (objektiv $= h \cdot 1{\cdot}18$) scheinbar gleichlange Strecken abzuteilen, änderte sich, wie Fig. 3 zeigt, das Resultat. Die horizontalen Strecken $P\,P_3$ und $P\,P_4$, die der Versuchsperson $= P\,P_2$ erschienen, waren nicht merklich größer als h; sie betrugen also nur etwa $0{\cdot}85$ von der objektiven Länge $P\,P_2$. Die übrigen Strahlen waren objektiv um so mehr gewachsen, einen je größeren Winkel sie mit der Horizontalen bilden. Sie nehmen also von P_2 nach rechts und links bis zu P_3 und P_4 hin gleichmäßig ab. Aus Gründen, die sich später zeigen werden, betrachten wir nur die oberhalb der Horizontalen $P_3\,P\,P_4$ liegenden Strahlen.

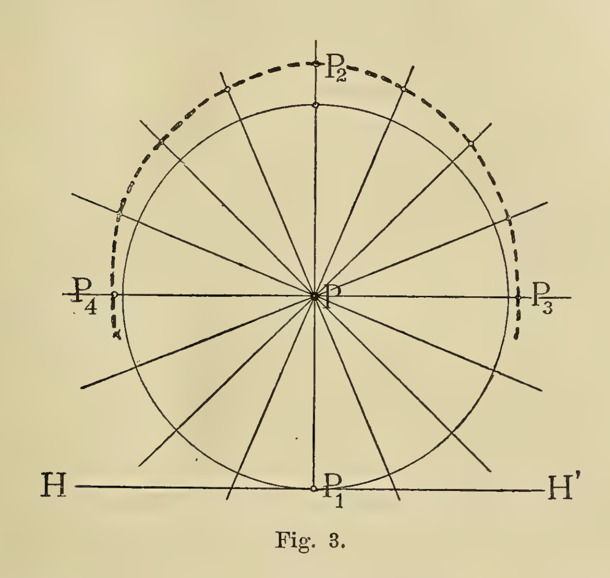


Fig. 3.

Es liegen also in der oberen Hälfte der Fig. 3, mit Einschluß von P_3 und P_4, sämtliche Endpunkte der Strahlen, trotzdem letztere objektiv verschieden lang sind, für die Ausdeutung gleichweit von P ab, also auf einem Halbkreise. Dagegen liegen sie, wie Fig. 3 zeigt, objektiv offenbar auf einer Halbellipse, deren große Halbachse vertikal, deren kleine Achse horizontal liegt.

Im Gegensatz hierzu waren, wie erinnerlich, sämtliche 16 Endpunkte sowohl scheinbar wie objektiv auf einem Kreise gelegen, wenn der Sehwinkel, unter dem die ganzen Achsen dem Auge sich darboten, nicht größer als $2 \times 37^0 = 74^0$ beträgt.

Wenn in weiteren Versuchen P_2 noch höher und höher gelegt wurde und die Versuchsperson die (oberen) Strahlenendpunkte so zu legen hatte, daß ihr alle Strahlen gleichlang erschienen, so wuchsen auch die (hori-

zontalen) Strahlen $P\,P_3$ und $P\,P_4$ deutlich; sie wuchsen aber erheblich weniger als $P\,P_2$ (der obere vertikale Strahl). Die schiefen Strahlen wuchsen auch hier so, daß, je kleiner ihr mit der Horizontalen gebildeter Winkel, um so geringer das Wachstum blieb; und je mehr dieser Winkel sich einem Rechten näherte, um so weniger blieben sie hinter der Größe $P\,P_2$ zurück. Hieraus resultierte also stets wieder für die objektive Form eine halbe Ellipse, die mit wachsendem $P\,P_2$ immer größer und besonders immer deutlicher elliptisch wurde. Ist also die vertikale große Halbachse $P\,P_2$ die unabhängige Variable, so wächst als abhängige Variable die kleine Halbachse $P\,P_3$ (bzw. $P\,P_4$), die horizontal liegt, in geringerem Maße als jene. Und Analoges gilt bezüglich der übrigen Ellipsenstrahlen, die dem Auge als Kreisradien erscheinen, wenn sie gegen $P\,P_2$ und $P\,P_3$ ($P\,P_4$) auf ihre Länge geprüft werden.

Um die Ergebnisse dieser Versuche mit meinen früheren am Fußboden gemachten Beobachtungen[1] vergleichen und in übersichtlichen Zusammenhang bringen zu können, wandte ich fernerhin auch hier die dort geübte Methode des „Halbierens" der Strecke an. Die Versuchsperson mußte auch hier jede bewußte Erfahrung zurückdrängen; sie durfte nicht darauf ausgehen, objektiv richtig zu halbieren, sondern hatte das Streckenbild in zwei scheinbar gleiche Teile zu teilen. Diese Prozedur des Halbierens wurde methodisch nur an $P\,P_2$ und $P\,P_3$ bzw. $P\,P_4$ vorgenommen, gelegentlich allerdings auch an den 45°-Strahlen.

Es mögen zunächst die Resultate der „Halbierung" von $P\,P_3$ und PP_4, d. h. der horizontalen Strahlen besprochen werden. Im großen und ganzen stimmen die gewonnenen Zahlen mit denen a. a. O. für den Fußboden gemeldeten überein. Von den Unterschieden, die sich zwischen diesen beiden Reihen zeigten, ist nur ein einziger von Bedeutung: der Fortfall eines „toten Raumes", der sich am Fußboden gezeigt hatte.

Bei einer Augenhöhe von 144 cm und einem Abstande des Auges von P um ebensoviel, wurde dem Strahle $P\,P_3$ (bzw. $P\,P_4$) ebenfalls die Länge von 144 cm gegeben. Die Halbierung wurde so gut wie absolut genau ausgeführt. Bei einer Strecke $P\,P_3 = 200$ cm war der Unterschied in den beiden angeblichen Hälften konstant: die zu P nähere Hälfte betrug 48 Prozent der Gesamtstrecke. Nun werden 48 Prozent von 200 cm bei einer Wandferne $O\,P = 144$ cm unter einem Sehwinkel von 40° geschaut, wogegen die zweite angebliche Hälfte, die in Wirklichkeit 52 Prozent von 200 cm, unter einem Sehwinkel von 18° vor den Augen liegt. Trotzdem dieser letztere Winkel wesentlich weniger als die Hälfte des ersteren dar-

---

[1] *Dies Archiv.* 1912. Physiol. Abtlg. S. 495ff.

stellt, hat die optische „Übung“, die „Mechanisierung“ der während der Entwicklung unseres räumlichen Sehens unzählig oft kontrollierten und gesicherten Erfahrung es dahin gebracht, daß uns die beiden unter so sehr verschiedenen Sehwinkeln geschauten annähernd gleichen Strecken (96 und 104 cm) als gleichlang erscheinen. Und zwar ist dieses „Erscheinen“ nicht etwa erst das Resultat eines Urteiles auf Grund einer Erwägung, sondern es ist unmittelbar eindringlich empfunden — es ist mechanisierte Erfahrung.

Nimmt man die „Halbierung“ vor, während $P P_3 = h$ ist, so sind, wie gemeldet, beide „Scheinhälften“ auch objektiv so gut wie gleichlang. Und diese gleichlangen Hälften erscheinen als gleichlang, obwohl die zu P nähere unter $34^0 45'$, die fernere nur unter $10^0 15'$ vor dem Auge liegt, obwohl also die Sehwinkel sich wie 3·5 zu 1 verhalten. Ohne daß es irgendwelcher Überlegung bedürfte, werden also infolge der Mechanisierung der Erfahrung diese beiden objektiv gleichlangen Strecken auch als gleich „gesehen“, — nicht etwa nur als gleich „geschätzt“.

Wir wenden uns jetzt zu dem vertikalen oberen und unteren Strahl. Die ersten Halbierungsversuche wurden so angestellt, daß die untere vertikale Strecke $P P_1$ = Augenhöhe präsentiert wurde. Auch hier war die zu P nähere Hälfte objektiv so gut wie genau die Hälfte der Gesamtstrecke. Vom Fußboden aufwärts bis zur Augenhöhe ist also die räumliche Ausdeutung in vertikaler Richtung ebenfalls vollkommen ausgebildet. Für die von P aufwärts gehenden Strecken begannen die Versuche so, daß $P P_2$ gleich 0·75 Augenhöhe gewählt wurde. Die vorgenommene „Halbierung“ ergab auch hier Gleichheit der beiden Scheinhälften. Dagegen war meistens, wenn $P P_2$ gleich Augenhöhe genommen wurde, schon ein Unterschied in der Länge der beiden Scheinhälften merklich, und so oft ein Unterschied bestand, war stets die entferntere (obere) Scheinhälfte die größere (51 bis 52 Prozent gegen 49 bis 48 Prozent für die nähere). Jedenfalls ist nach oben 0·75 der Augenhöhe über P hinaus noch vollkommen richtig ausgedeutet.

Wir haben vorher berichtet, daß an den horizontalen Strahlen, bei Augenhöhe = 144 cm und ebenfalls 144 cm Abstand des Auges von P, die Halbierung einer Strecke $P P_3$ und $P P_4$ von 200 cm das Resultat gibt: nähere „Hälfte“ 48 Prozent der Gesamtstrecke, fernere Scheinhälfte 52 Prozent. Wird unter gleichen Bedingungen am vertikalen Strahle PP' eine Strecke $P P_2$ von 200 cm zur Halbierung dargeboten, so zeigt sich ein wesentlich anderes Resultat: die dem Auge und P nähere (untere) Scheinhälfte beträgt 35 Prozent der Gesamtstrecke gegen 65 Prozent der ferneren oberen.

Die Vollkommenheit der Ausdeutung nimmt also bei zunehmender „perspektivischer Verkürzung", d. i. bei Zunahme der Schiefe des Aufblickes für die fernere Hälfte sowohl in horizontaler als in vertikaler Richtung ab. Aber in horizontaler Richtung bleibt z. B. bei einem Sehwinkel von 58°, jenseits P gerechnet, die räumliche Ausdeutung noch recht gut, während sie in vertikaler Richtung nach oben schon sehr unvollkommen ist.

Je größer nun in weiteren derartigen Versuchen $P P_2$ gewählt wurde, um so auffallender, um so größer wurde der Unterschied zwischen vertikaler (oberer) und horizontaler Raumausdeutung.

Man wolle beachten, daß in diesen Versuchen P stets derjenige Punkt bleibt, in dem das vom Auge O auf $P_1 P'$ gefällte Lot diese Linie $P_1 P'$ und ebenso $P P_3$ trifft, — daß also die Ausdrücke „schiefer Aufblick" und „perspektivische Verkürzung" sich nicht auf die dem Punkte P näheren Teile der untersuchten Strecke, sondern auf die ferneren, horizontal oder vertikal gelegenen Teile bezieht. Diese ferneren Teile sind es also, die weniger vollkommen als die näheren ausgedeutet werden und zwar noch weniger vollkommen in vertikaler als in horizontaler Richtung; dieser Unterschied wächst also, je größer der Sehwinkel wird, unter dem die zu halbierenden Gesamtstrecken vor dem Auge liegen, je „schiefer" im ganzen der Aufblick.

Zu beachten ist ferner, daß auch ein Unterschied besteht für die vertikale Richtung, je nachdem die untersuchte Strecke nach oben vom Punkt P oder nach unten liegt. Nach unten, bis zum Fußboden, ist die Ausdeutung vollkommen, — also vollkommen für die ganze Augenhöhe, nicht aber so nach oben, wo die volle Ausdeutung nur bis 0·75 der Augenhöhe geht und dann schon unvollkommen zu werden beginnt.

In meiner früheren (Horizont-)Arbeit ist das relative Anwachsen der zweiten (ferneren) Scheinhälfte bei Anwachsen der Gesamtstrecke aufgeklärt.

Während der Entwicklung unseres räumlichen Sehens ist nämlich die Erfahrung zunächst besonders für die Nähe ausgiebig gewonnen worden, denn gerade für die Nähe war durch Abtasten, Abkriechen, Abschreiten usw. — übrigens auch durch das zweiäugig-stereoskopische Sehen — die erforderliche Kontrolle möglich. Aber haupsächlich ist die Abnahme der räumlichen Ausdeutung mit der Ferne durch die mit der Ferne zunehmenden Verkleinerung des Sehwinkels bedingt, unter dem am Fußboden usw. Strecken bestimmter, gleicher Länge gesehen werden, was bei der Bauart unseres Auges mit Notwendigkeit dazu führt, daß in einer Entfernung, die ein bestimmtes Vielfaches unserer Augenhöhe ist, das Sehen von Entfernungen eine Grenze findet. Bei einem Sehwinkel von 50 Winkelsekunden fällt das Bild einer noch so großen in

der dritten Dimension liegenden, ja selbst das einer unendlich langen Strecke auf nur ein einziges Netzhautelement bzw. auf einen einzigen Empfindungskreis und kann deshalb nicht mehr als ausgedehnt empfunden, nicht mehr ausgedeutet werden. Wenn daher unsere Horizontfläche eine allseitig unendlich ausgedehnte Ebene wäre, so würde doch unser Streckenfernsehen ein Ende haben in einer Entfernung $= h \times \cot 50''$ $= h \times 4125 \cdot 3$, wenn h die Augen- oder Aussichtshöhe bedeutet. Hier, in einer Entfernung von rund 4000 h würde unser Horizont gleichmäßig allseitig — und deshalb scheinbar als Kreis — begrenzt sein und hier würde sofort der Horizonthimmel mit seinen Sternen usw. leuchten. Was jenseits dieser Grenze liegt, ist zwar auf unserer Netzhaut als Fußboden usw. noch abgebildet, kann aber als ausgedehnt nicht ausgedeutet werden. Und je näher dem Horizontrande eine auf dem „Horizontradius“ befindliche Strecke gelegen ist, um so unvollkommener muß ihre räumliche Ausdeutung werden. Daher muß prinzipaliter mit zunehmender perspektivischer Verkürzung die Vollkommenheit der räumlichen Ausdeutung abnehmen, — und da mit zunehmender Länge der Gesamtstrecke die perspektivische Verkürzung für die fernere Hälfte zunimmt, muß zugleich auch die Ausdeutung minder vollkommen werden und schließlich ganz aufhören; daher hört in etwa 4000 h jegliches Entfernungssehen auf. Selbstverständlich darf ein Fixstern beliebig („unendlich“) weit entfernt sein: wenn er nur hell genug leuchtet, wird er am Nachthimmel gesehen, d. h. der Fixstern, nicht seine „Entfernung“. Ebenso liegt die Sache, wenn auf der vorher in Betracht gezogenen unendlich ausgedehnten Ebene weit, weit jenseits unseres in 4000 h liegenden Horizontrandes ein mächtiges Gebirge stände, das sich uns in Höhe und Breite unter mehr als 50″ präsentierte; wir würden es zwar in seinem Umrisse, gleichsam als Verdunklung des Horizonthimmels, sehen, aber weder würden wir an ihm selbst irgend etwas von der dritten Dimension wahrnehmen, noch würden wir die weite, weite sagittale Strecke, die zwischen ihm und dem Horizontrande liegt, mit unbewaffnetem Auge als ausgedehnt ausdeuten können: vielmehr würde selbst bei reinster Luft der Kontur des Gebirges für unser Sehen unmittelbar auf dem Horizontrande aufsitzen, — genau so wie der Horizonthimmel oder der aufgehende Mond usw.

Unsere bisher geschilderten Versuche lehrten, daß wir in horizontaler Richtung am Fußboden, an Zimmerwänden, Hecken usw. bis in ziemlich große Fernen das „Vertiefen“ ausgiebig — innerhalb der vom Bau unseres Auges gesteckten Grenzen — entwickelt haben. In

vertikaler Richtung ist dieses räumliche, dreidimensionale Sehen bis zu einen Sehwinkel von etwa 37° über der Horizontalen ebenfalls sehr gut, bei größerem Sehwinkel aber wegen geringerer seinerzeitigen „Erfahrung“ wesentlich weniger als in horizontaler Richtung zur Ausbildung gelangt. Und zwar ist für die Vertikale nach unten, bis zum Fußboden, die Ausdeutung wegen der Vollkommenheit der Kontrolle (Abtasten usw.) vollkommener als nach oben entwickelt.

So erklärt sich denn auch eine Erscheinung, die mir besonders am Kölner Dom, bevor die ihn nahe umgebenden Häuser niedergelegt wurden, aufgefallen ist, die aber auch jetzt noch, wenn auch weniger aufdringlich, an ihm und ebenso am Straßburger Münster usw. zu erkennen ist: wenn man in der Mitte zwischen den fast 160 bzw. 140 m hohen Türmen dieser Kathedralen und einem nahen vielstöckigen Hause steht, so erscheinen die Türme zwar höher als das betreffende Haus, aber man erhält keine auch nur annähernd richtige Vorstellung von dem Größenverhältnis der beiden Objekte. Beispielsweise erscheint der Turm vielleicht doppelt oder höchstens dreifach so hoch wie das Haus. Entfernt man sich aber von dem Turme und seiner Umgebung ins freie Gelände um etwa einen halben Kilometer, so erkennt man erst, daß der Turm sieben- oder achtmal so hoch ist wie die umgebenden Häuser. Schon bei einer Horizontalentfernung, die fünfmal größer ist als die Turmhöhe, wird der Turm unter einem Sehwinkel von nur 11 bis 12° geschaut. Aus solcher Entfernung ist also der Sehwinkel für die Gesamthöhe schon so klein, daß „$P P_2$“ im Bereiche optimaler Ausdeutung liegt. Die Augenhöhe von etwa 1·5 m verschwindet hierbei gegen die 800 m der Strecke „$F P_1$“ bzw. „$O P$“. Weil Turm und Haus im ganzen von hier aus wegen der Kleinheit des Sehwinkels unter sehr geringer perspektivischer Verkürzung gesehen werden, wird auch an diesen Vertikalobjekten das Räumliche genügend richtig ausgedeutet.

Eine weitere Versuchsreihe war folgende. Unter denselben Versuchsbedingungen, die für die Fig. 2 (S. 375) galten, und unter Beibehaltung der 16 Richtungsstrahlen wurden um P als Mittelpunkt konzentrische Kreise in der Weise gezogen, daß die Zwischenräume zwischen den benachbarten Peripherien allenthalben gleich waren. Zwischen P und P_1 — also innerhalb der Augenhöhe — lagen 4 Kreise. Den weiter nach außen liegenden Kreisen fehlte dann das unterste Stück, ähnlich wie der Ellipse in Fig. 3. Der äußeren Kreise waren etwa 8. Während die Versuchsperson die drei inneren Kreise als Kreise sah, erschienen ihr die oberen Hälften der äußersten Kreise als halbe Ellipsen, wie es in Fig. 4

angedeutet ist. Im Gegensatze zu der Ellipse in Fig. 3 lagen hier die großen Achsen horizontal und die kleinen Halbachsen vertikal. Und zwar nahm das Verhältnis der horizontalen zur vertikalen (halben) Achse in den Ellipsen mit der Größe der großen Halbachse zu. Der Übergang von dem letzten noch richtig als Kreis ausgedeuteten zu dem deutlich als Ellipse gesehenen Kreise war selbstverständlich durch einen zweifelhaften Bezirk getrennt. Es ist einigermaßen willkürlich, wenn ich denjenigen Kreis als Grenze nenne, der die um Augenhöhe von P abstehenden Punkte P_1 und P_2 enthält.

Die in Fig 4 dargestellten Kurven — Kreise und Ellipsen — sind durch die Versuchsperson folgendermaßen gewonnen worden. Jede scheinbar auf P bezogene Entfernung eines auf einem nicht-horizontalen oberen

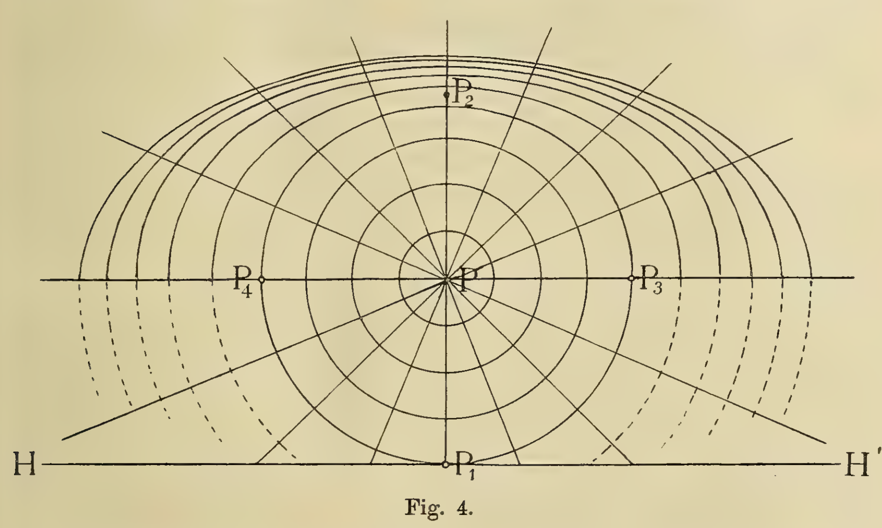


Fig. 4.

Strahle liegenden Peripheriepunktes wurde auf dem einen horizontalen Strahle von P aus durch Merkzeichen angegeben und mit Zentimetermaß ausgemessen. Nach Eliminierung der regellos wechselnden unvermeidlichen Fehler (trotz zahlreicher Einzelbestimmungen differieren die Durchschnittszahlen auch hier, übrigens relativ um so mehr, je größer die Achsen werden) wurden nicht die (halben sechszehnseitigen) Polygone, sondern — gewissermaßen durch Interpolation — die Kurven — d. h. (halben) Kreise und Ellipsen — gezogen.

In Fig. 4 ist in erster Linie zu beachten, daß mit wachsender Größe der Ellipse das Verhältnis der großen horizontalen Achse zur kleinen vertikalen Achse wächst. Dies kommt wie folgt zustande. Die objektiven Kreise, die in Fig. 4 nicht aufgenommen sind, wachsen nach außen, indem, wenn h (d. i. Augenhöhe) $= 144$ cm, der Radius von Kreis zu

Kreis um 144/4 cm = 36 cm zunimmt. Die scheinbaren Kurven wachsen, indem die Achsen innerhalb der 3 inneren als Kreise gesehenen Kurven zwar ebenfalls um je 36 cm zunehmen; weiter nach außen nimmt aber der Zuwachs der scheinbaren großen Achse mehr und mehr ab, um, wie wir erkannt haben, in einer Entfernung von 4000 h selbst für objektiv unendliche Strecken Null zu werden. Für die vertikale Achse ist diese Abnahme des scheinbaren Zuwachses bei Höhen $\geqq h$ sehr viel bedeutender als auf der horizontalen Achse. Daher werden nach beiden Richtungen die Entfernung z. B. je eines (scheinbaren) Kurvenscheitels von dem weiter nach außen liegenden nächsten Kurvenscheitel immer kleiner, aber in vertikaler Richtung ist dies ausgesprochener als in horizontaler. Schließlich muß nach beiden Richtungen ein Grenzwert erreicht werden, der für horizontal bei einer objektiven Größe des Horizontradius = 4000 h liegen würde, während in vertikaler Richtung diese objektive Entfernung erst noch zu ermitteln ist, die sicher aber kleiner als 4000 h sein muß.

Augenscheinlich sind ja die Kurven der Fig. 4, die ober- und außerhalb der 3 inneren (Halb)kreise liegen, halbe Ellipsen. Aber daß sie wirklich halbe Ellipsen sind, muß erst nachgewiesen werden. Für viele Fälle, in denen Kreise „augenscheinlich" zu Ellipsen werden, ist ein solcher Nachweis nicht mehr erst nötig, sondern längst erbracht.

Wenn wir z. B. ein Blatt Papier, auf dem sich die Zeichnung eines Kreises befindet, schief gegen unsere Blickrichtung halten, bildet sich dieser Kreis in seiner Projektion bekanntlich auf unserer Netzhaut als Ellipse ab; und wenn nicht bestimmte andere perspektivische Motive dazu nötigen, ihn trotzdem als Kreis auszudeuten, so sehen wir eben eine Ellipse. Dies bedarf keines Beweises. In unseren obigen Versuchen liegt dieser Fall aber nicht vor; denn dort steht die Ebene des Kreises rechtwinklich zur Blickrichtung ($O\,P$ in Fig. 1).

Auch unter folgenden Verthälnissen hätten wir es nicht erst nötig, den Beweis zu liefern, daß aus einem Kreise eine Ellipse werde. Nehmen wir an, wir schauen durch ein passend geschliffenes Glas auf einen Kreis, der durch die 16 Strahlen der Fig. 2 gleichmäßig geteilt ist. Der Glasschliff sei so, daß die horizontalen Strahlen unbeeinflußt bleiben, während die beiden vertikalen Strahlen am stärksten verkürzt würden und die übrigen Strahlen um eben so viel kürzer erschienen, je größer der Winkel ist, den sie mit der Horizontalen $P_3\,P_4$ bilden. Dann bedarf es weiter keines Beweises dafür, daß wir eine Ellipse sehen müssen.

In einer früheren Arbeit[1] habe ich übrigens diesen Übergang eines Kreises in eine Ellipse analytisch-geometrisch besprochen.

[1] *Dies Archiv.* 1912. Physiol. Abtlg. S. 13.

Daß eine flüssige oder fest-weiche Kugel in ein Rotationsellipsoid übergeht, wenn — z. B. durch Rotation, d. h. also infolge von Fliehkraft — die horizontalen Radien gedehnt werden, während durch denselben Einfluß die übrigen Radien eine um so geringere Dehnung erfahren, je größer der Winkel, den sie mit der Horizontalen bilden, — dies bedarf ebenfalls keines erneuten Beweises.

Wir werden uns also für unser Problem auf diese Fälle berufen können; nur müssen wir entweder nachweisen, daß in den laut Fig. 4 statt der äußeren (oberen) Halbkreise angeblich gesehenen Halbellipsen, die „Ausdeutung" der perspektivisch in ihren ferneren Teilen verkürzt gesehenen Radien eine solche „Dehnung" benutzt, daß entsprechend dem Winkel, den der einzelne Strahl mit der Horizontalen bildet, seine horizontale

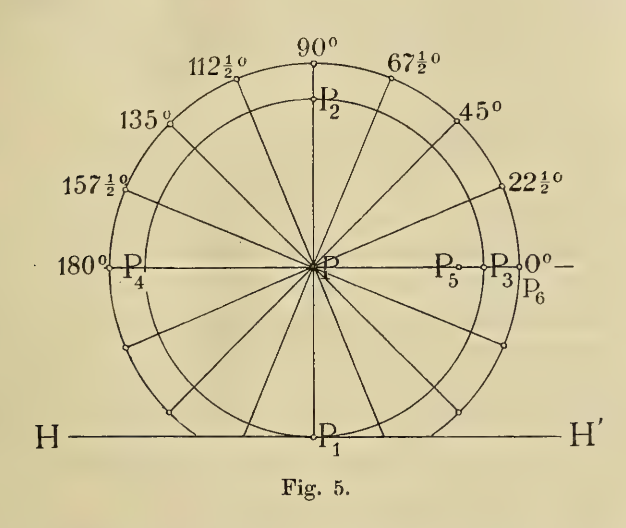


Fig. 5.

Komponente genau so wie in der rotierenden Kugel gestreckt werde; oder aber wir müssen durch Messung nachweisen, daß die Endpunkte der scheinbaren Strahlen der (objektiven) oberen äußeren Halbkreise wirklich in einer Halbellipse liegen, d. h. zu liegen scheinen.

Diesen letzteren Nachweis liefern folgende Versuche.

Für Fig. 5 gelten dieselben Maßverhältnisse wie für Fig. 2: das Auge, O der Fig. 1, befindet sich unmittelbar gegenüber von P in einer Entfernung gleich h (Augenhöhe) = 144 cm. Um P ist ein Kreis (der innere) mit $P P_1 = 144$ cm geschlagen. Von P_3 aus wird nach P hin $P_3 P_5 = 26$ cm abgemessen. Dann wird von P aus nach außen (rechts) ein Merkzeichen gerückt, bis der Versuchsperson die Strecke $P_3 P_6 = P_3 P_5$ erscheint. Sonach erscheint der Versuchsperson die Strecke $P P_6$, gemessen an

$P P_3$, wie 170 cm (wenn $P P_3 = 144$ cm). Nunmehr wird um P mit $P P_6$ ein Kreis geschlagen. Während die obere Hälfte des inneren Kreises bei P_2 nur ein wenig abgeflacht erschien ($P P_2 = 144$ cm erscheint ja dem Auge kleiner als $P P_1$, das $= P P_2$), war die obere Hälfte des äußeren Kreises am Punkt „90°" stark abgeflacht und war für die Versuchsperson augenscheinlich eine halbe Ellipse. Dieser „Augenschein" soll jetzt auf seine Richtigkeit geprüft werden. Zu diesem Zweck hat die Versuchsperson die Scheinlängen eines jeden der oberen Strahlen $P\,0^0$, $P\,22^1/_2{}^0$ usw. bis $P\,180^0$ durch Markenverschiebung am horizontalen Strahle PP_3 in derselben Weise zu messen, in der vorher PP_6 bestimmt worden war. Für die obere Hälfte dieses äußeren Kreises, dessen horizontaler Radius $= 170$ cm erschien, ergaben sich, von 0^0 bis 180^0 bestimmt, folgende Scheinlängen der 9 Strahlen: 170, 160, 142, 130, 125, 130, 142, 160, 170 cm (nach Ausmerzung der unvermeidlichen regellosen kleinen Fehler). Dies sind aber mehr als genügend genaue Werte, die der für Polarkoordinaten gültigen Ellipsengleichung entsprechen:

$$\varrho = \frac{a\,b}{\sqrt{a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi}},$$

worin a die große Halbachse, in unserem Falle $= 170$ cm, b die kleine Halbachse $= 125$ cm, ϱ die Länge des variablen Strahles und φ den Polarwinkel bedeutet.

Im Quadranten waren die Scheinstrahlen ϱ in Zentimeter:

	$\varphi = 0^0$	$\varphi = 22{\cdot}5^0$	$\varphi = 45^0$	$\varphi = 67{\cdot}5^0$	$\varphi = 90^0$
Gemessen:	170	160	142	130	125
Berechnet:	170	160·32	142·45	129·43	125

Hier betrugen also die Unterschiede zwischen Messung und Rechnung weniger als 0·5 Prozent. Bei den meisten Versuchspersonen fielen die Abweichungen größer aus, überstiegen aber in der Regel 2 Prozent nicht.

Somit haben wir experimentell den Nachweis geliefert, daß unter den genannten Bedingungen der obere Halbkreis für das Sehen in eine Halbellipse übergeht. Bei $a = 170$ und $b = 125$ ist $a/b = 1{\cdot}36$. Mit der objektiven Länge des horizontalen Radius wächst dieses Verhältnis.

Auch für eine anscheinende Länge des horizontalen Radius von 200 cm = etwa $1{\cdot}4\,h$, habe ich die anscheinenden Endpunkte der oberen Strahlen bei der Rechnung als in einer halben Ellipse gelegen befunden. Die Größe a/b wird hier bereits $1{\cdot}5$.

Wenn man, was praktisch ja nicht durchführbar ist, das Experiment auch bis auf einen Radius von $4000\,h$ ausdehnte, würde verschwinden die

Augenhöhe h gegen den Horizontradius (= große Halbachse a), und würde die Entfernung $OP = h$ verschwinden gegen die „kleine" Halbachse. Schon in Fig. 4 verlieren die Kurven, je größer der horizontale Strahl wird, um so mehr von ihrer unteren Hälfte; daher würde bei $a = 4000\,h$ aus unseren oberen Kurvenhälften (der Fig. 4) der (durch den Zenit gehende) Längsschnitt des Himmelsgewölbes entstehen. Die Zenithöhe ist dann die „kleine" Halbachse b.

Es besteht jetzt die Aufgabe, die Größe des Verhältnis dieses a zu diesem b zu bestimmen, wobei b noch unbekannt und $a = 4000\,h$ ist.

Wird der Halbkreis zur Halbellipse, so muß die Halbkugel zum halben Sphäroid werden, d. h.: das Himmelsgewölbe muß uns als halbes Rotationsellipsoid erscheinen, das durch Rotation einer Halbellipse um ihre kleine Halbachse entstanden gedacht werden kann. Unten ist es vom Horizonte, also einem Kreise, begrenzt, während die (halben) Vertikalkreise zu (halben) Ellipsen geworden sind.

II. Besondere Kennzeichen der Sphäroidform des Himmelsgewölbes.

In der einen[1] bereits erwähnten Arbeit habe ich ausreichend gezeigt, daß Hobbes' aus dem 16. Jahrhundert stammende Meinung, das scheinbare Himmelsgewölbe habe die Gestalt einer Kugelkalotte, unhaltbar ist. Es liegt kein Anlaß vor, meine damalige Beweisführung hier, wenn auch noch so kurz, in Erinnerung zu bringen. In bezug auf das alsbald Vorzubringende sei aber das eine angeführt: als Konsequenz der Hobbesschen Annahme würde das Himmelsgewölbe, d. h. der Horizonthimmel, vom Horizonte schief, nämlich unter einem Winkel von $31^0\,53'\,28''$ aufzusteigen haben. Für unsere weiteren Ausführungen bedürfen wir nun gerade der Feststellung, daß der Himmel sich nicht unter einem so spitzen Winkel, sondern rechtwinklig sich vom Horizonte erhebt.

Wir könnten uns ja dabei beruhigen, daß nunmehr die Sachverständigen anerkennen werden, das bei freibewegtem Blicke von uns wahrgenommene (scheinbare) Himmelsgewölbe sei ein halbes Rotationsellipsoid und also keine Kugelkalotte, — und daß es sich nicht mit einem Winkel von 31 bis 32^0 an die Horizontebene ansetzt, sondern ihr rechtwinklig aufsitzt. Aber zur Gewinnung eines neuen Verfahrens, das Größenverhältnis zwischen Horizontradius (große Halbachse) und Zenithöhe (kleine Halbachse) zahlenmäßig zu ermitteln, ist es erforderlich, einige von mir noch nicht besprochene Tatsachen zu erwähnen, die gleichzeitig — nebenbei —

[1] *Dies Archiv.* 1912. Physiol. Abtlg. S. 1.

beweisen, daß das Himmelsgewölbe uns nicht als Kugelkalotte erscheint, und sich nicht im spitzen Winkel an den Horizontrand anlegt. Zu diesem Zwecke ist es aber erforderlich, sich über einige Punkte im voraus zu einigen. In erster Linie ist über folgendes Übereinstimmung nötig. Wir müssen als zugestanden betrachten, daß der ganze „Himmel“ uns als eine „Fläche“ erscheine, zu deren integrierenden Bestandteilen die Sternbilder, der Mond usw. gehören. Wer beispielsweise überhaupt den Himmel nicht als eine irgendwie gewölbte Fläche anerkennt, oder wer beispielsweise das Sternbild der Plejaden, des Delphins, nicht als integrierenden Teil dieser Fläche ansieht, oder wer den Mond als „Kugel“ frei im Raume schweben zu sehen glaubt, wird alles Folgende als unverständlich betrachten müssen. Übrigens: Wenn am Monde die Sichel zu sehen ist und der übrige Mond im aschfarbenen Lichte schwach leuchtet, kann ich mir — und sicherlich können dies andere auch — suggerieren, vermag ich in mir willkürlich die Illusion zu erzeugen, daß ich den Mond als eine freischwebende Kugel sehe. Aber eindringlich, unwiderstehlich ist diese Vorstellung ganz und gar nicht; ich erzeuge sie, statt daß sie sich unmittelbar aufdrängt. Am Vollmonde, gleichviel, ob er unten, scheinbar schwachleuchtend am hellen Horizonthimmel oder um Mitternacht hoch oben am Himmel steht, gelingt es mir bei unbewaffnetem Auge nicht, die Illusion, ich sehe eine Kugel, hervorzurufen. Im stark vergrößernden Fernrohre, zumal bei Beachtung der Kraterschatten, sieht man die Kugel sehr gut. Aber wenn ein Unbefangener mit unbewaffnetem Auge seinen Blick am monderhellten Nachthimmel schweifen läßt, ohne irgendeinen Punkt zu fixieren, ohne seine Kenntnisse betätigen zu wollen, ohne aus Widerspruch etwas Besonderes feststellen zu wollen, — so sieht er über sich die Himmelsdecke als eine Fläche, als abgeflachte Kuppel, an der leuchtende Stellen sind — nämlich Mond, Sterne, — aber er sieht keine freischwebende Kugel, keine einem dreidimensionalen Mückenschwarm ähnliche Verteilung der Sterne in verschiedener Raumtiefe.

Sollen Erörterungen über unseren Gegenstand zu Resultaten führen, so müssen folgende Leitsätze zunächst anerkannt werden:

1. Das scheinbare Himmelsgewölbe ist eine Fläche. Die Gestirne, Sternbilder sind integrierende Bestandteile dieser Fläche. Dies gilt für ruhenden und für frei bewegten Blick.

2. Bei ruhendem Blicke (Fixierung eines Punktes) erscheint der Himmel als Ebene, die senkrecht zur Blickrichtung liegt.

3. Erst bei frei bewegtem Blicke (Bewegung des Auges, Kopfes, Rumpfes) nimmt der Mensch den Himmel als ein abgeflachtes Gewölbe wahr.

Die folgenden Auseinandersetzungen gelten nur für den Fall, daß diese Leitsätze als richtig anerkannt werden. Und ich glaube zu wissen, daß sie von der überwiegenden Mehrzahl der Inbetrachtkommenden anerkannt sind.

Es sei — annähernd — Vollmond. Der Mond gehe eben gerade auf (oder unter); der Mittelpunkt der Mondscheibe liege genau im Horizontrande; diesen Mittelpunkt fixieren wir (Leitsatz 2). Da unser Blick horizontal gerichtet ist, so scheint uns der Himmel als Ebene vertikal zu stehen. Die obere, sichtbare Mondhälfte steht also als integrierender Teil dieser vertikalen Ebene senkrecht auf der (sogenannten) Horizontebene — und nicht in 31 bis 32°. Daß der aufgehende Vollmond senkrecht zur Horizontebene steht, wird niemand bestreiten. Während wir den Mondmittelpunkt unverwandt anschauen, fällt das Bild des halben Vollmondes auf die Fovea centralis. Nun hat bekanntlich das Gesichtsfeld eine (vertikale) Höhe von etwa 110°; wir sehen also exzentrisch 55° der Himmelshöhe über dem Horizonte, d. i. wir sehen am äußersten oberen Rande des Gesichtsfeldes z. B. noch einen Stern, der 55° über dem Horizonte steht, also nur 35° Zenitabstand hat. Diesen Stern sehen wir, als ob er ganz oben an einer vertikalen Wand, d. i. am Horizonthimmel, läge. Aber wir nehmen ihn im exzentrischen Sehen wahr, und da die von der Fovea centralis übermittelten Eindrücke, d. h. da das zentrale Sehen in der räumlichen Deutung dominiert, so stört uns die Lokalisation jenes Sternes nicht, zumal die Richtung, in die der Stern verlegt wird, richtig, und der astronomische Refraktionsfehler ungeändert bleibt.

So steht also bei fixiert betrachtetem Mondmittelpunkte der aufgehende Mond und überhaupt der Horizonthimmel senkrecht zur Horizontalebene.

Als zweites Beispiel stehe das Zentrum eines kleinen Sternbildes, z. B. des Delphins, oder —, was freilich in unseren Breiten nicht vorkommt, aber in subtropischen und tropischen Breiten zu sehen ist, — das Zentrum des Vollmondes genau im Zenite. Wir fixieren den Mittelpunkt dieses Sternbildes oder Gestirns. Dann liegt der gesamte Himmelsteil, der sich auf unserer Netzhaut abbildet, scheinbar horizontal, parallel zur Horizontebene und ebenso liegt das kleine Sternbild oder der Mond scheinbar genau horizontal. — Es stehe, als drittes Beispiel, der Mond genau in der Mitte zwischen Zenit und Horizont, also 45° über dem Horizonte bzw. in 45° Zenitdistanz. Solange wir den Mittelpunkt der Mondscheibe fixieren, liegt das Himmelsstück, von dem wir im Gesichtsfelde im Durchmesser 110° sehen, — d. i. horizontwärts die ganzen 45° (und 10° irdische Horizontferne) und 55° zenitwärts, also noch 10° über den Zenit

hinaus, — in einem Winkel von 45° gegen die Horizontebene geneigt, und ebenso liegt der Mond.

Läßt man aber in den genannten drei Beispielen: Mond am Horizont, im Zenit, in 45° Höhe über dem Horizonte, — den Blick wandern und erzeugt sich hierdurch das „Himmelsgewölbe“, so zeigt sich folgendes:

Die Himmelsfläche erscheint gebogen. Diese Biegung (der Krümmungsgrad) ist minimal in der Gegend des Zenits bis etwa 45° Zenitdistanz. Da dies, wenn wir beispielsweise nach West gekehrt sind, auch für die Richtung nach Ost gilt, so erscheint über uns in einer Kreisfläche, deren Durchmesser reichlich 90° mißt, der Himmel fast horizontal — wie ein Plafond. Am stärksten ist die scheinbare Krümmung nahe dem Horizontrande. Wenn wir am Himmel ein größeres Sternbild, z. B. den großen Bären oder den Orion mit frei bewegtem Blicke betrachten, so erkennen wir deutlich an diesem Sternbilde die für die betreffende Himmelsstelle in Frage kommende Krümmung, zumal, je näher dies Sternbild den Orten stärkster Krümmung (kleinsten Krümmungshalbmessers), d. i. nahe dem Horizontrande liegt. Kleine Sternbilder und Mond dagegen, — welch letzterer einen Bogen von nur etwa einem halben Grad am Himmel einnimmt, lassen selbst nahe dem Horizontrande — eben ihrer im Vergleich zur Krümmung des Himmels äußerst geringen (Bogen-)Größe wegen, keine Krümmung, kein Gebogensein mehr erkennen, was übrigens durchaus dem Weber-Fechnerschen Gesetze entspricht. In Übereinstimmung hiermit bleibt am Zenit das kleine Sternbild und der Mond vollständig parallel zur Horizontebene auch bei frei bewegtem Blicke. Aber auch am Horizonte scheint uns bei bewegtem Blicke (ebenso wie bei Fixierung) der halb oder eben gerade ganz aufgegangene Vollmond senkrecht zur Horizontebene zu stehen. Da diese Tatsache auch von fundamentaler Beweiskraft gegen die Kugelkalottenhypothese ist, so bitte ich alle, die sich für diese Frage irgendwie interessieren, entweder in ihrer Erinnerung oder wenn möglich bei zukünftigen Gelegenheiten festzustellen, daß in jedem Falle der unmittelbar am Horizonte stehende Vollmond senkrecht zur Horizontebene, also in 90°, vertikal zu stehen scheint und nicht in einem spitzen Winkel von 31 bis 32° und daß er nicht dem Beobachter zu geneigt gesehen wird. Ich stelle fest, daß der (unter- oder) aufgehende Mond vertikal, also senkrecht zur Horizontebene erscheint — und hierdurch ist nebenbei erwiesen, daß uns der „Himmel“ nicht als Kugelkalotte erscheint.

Wir haben also ermittelt, daß ein sehr kleines Sternbild oder der Mond, die, im Zenit stehend, bei fixiertem auf sie gerichteten Blicke parallel zur Horizontebene zu liegen scheinen, — also für uns mit letzterer

einen Winkel von 0° bilden, und daß sie, die am Horizonte, mit fixiertem Blicke betrachtet, vertikal erscheinen, also mit der Horizontebene einen Winkel von 90° bilden, — bei frei bewegtem Blicke, der den „Himmel“ in ein „Gewölbe“ verwandelt, ihre vorige Lage — 0° bzw. 90° — für uns beibehalten (was für große Sternbilder, wie Orion und Großen Bär nicht mehr zutrifft). Der Mond oder das sehr kleine Sternbild dagegen, wenn sie 45° vom Zenit entfernt (also auch 45° über dem Horizonte) stehend, wie gemeldet — bei streng fixiertem Blicke mit der Horizontalebene einen Winkel von ebenfalls 45° zu bilden scheinen, werden bei frei bewegtem Blicke nicht so wie bei Fixierung gesehen. Vielmehr ändert sich, sobald wir den bisher auf den Mondmittelpunkt fest gerichteten Blick frei bewegen, mit einem Schlage der Winkel, während sich die bisher gesehene Ebene des geschauten Himmelsstückes zum „Gewölbe“ krümmt. Es dreht sich plötzlich die Mondscheibe und scheint jetzt mehr horizontal zu stehen.

Um die jedesmalige Neigung, die die Mondscheibe gegen die Horizontalebene zu haben scheint, zahlenmäßig festzustellen, wandte ich folgendes, wohl recht verbesserungsfähige Verfahren an, das zwar für horizontal (0°) und vertikal (90°) und auch noch für 45° ziemlich genau ist, allerdings aber für Stellungen um $\pi/8$ ($= 22^1/_2{}^0$) und um $3\,\pi/8$ ($67^1/_2{}^0$) schwankende Resultate lieferte. Eine mit weißem Papier beklebte kreisrunde Pappscheibe von etwa 20 cm Durchmesser wird in einem kleinen Gestelle so gehalten, daß sie wie ein Damen-Frisierspiegel um eine Achse gedreht werden kann. An dem Gestell ist eine Messingscheibe oder ein Bügel fest angebracht, so daß diese an der Drehung nicht teilnehmen; sie tragen eine Kreisgraduierung. Es trifft die Scheibe den 0°-Strich der Skala, wenn die Scheibe horizontal steht; beim Strich 90° steht sie vertikal. Diese Vorrichtung wird auf ein der Höhe nach verschiebbares horizontales Brett so gebracht, daß, wenn der Beobachter auf den Mittelpunkt der durch eine hinter seinem Rücken stehende Lampe beleuchteten Pappscheibe blickt, die Blicklinie parallel und nahe neben der Blicklinie läuft, in der nach einer leichten Seitwärtsbewegung des Kopfes der Mondmittelpunkt betrachtet wird.

Übrigens ist bei derartigen Versuchen, und noch mehr, wenn man die in meiner früheren Himmelsgewölbearbeit besprochenen[1] Vergleichungsversuche Reimanns über die scheinbar lineare Größe des Sonnendurchmessers usw. wiederholt, zur Vermeidung von Fehlerquellen darauf zu achten, daß die Vergleichsscheibe nur mit einem Auge und ohne Akkom-

---

[1] *Dies Archiv.* 1912. Physiol. Abtlg. S. 14.

modation (für die Nähe), namentlich aber ohne Konvergenzstellung der Augenachsen betrachtet werde.

Hat man nun, wenn der Mond nach Angabe eines Pendelquadranten 45° über dem Horizonte, also in einer Zenitdistanz von ebenfalls 45° steht, bei fixiertem Mittelpunkte der Mondscheibe die scheinbare Neigung der Mondscheibe gegen die Horizontalebene mit ebenfalls 45° bestimmt und läßt hierauf den Blick frei schweifen, während man von neuem die scheinbare Neigung des Mondes gegen die Horizontebene auf die angegebene Weise bestimmt, so erhält man eine Neigung von nur 15 bis 30°. Der Mond scheint dann also wesentlich mehr horizontal zu liegen als bei Fixierung. Benutzt man umgekehrt eine Gelegenheit, in der der Mond 22 bis 23° über dem Horizonte, also in 68 bis 67° Zenitdistanz steht, so scheint er bei frei bewegtem Blicke eine Neigung gegen die Horizontalebene von 45° zu haben, während er bei unverrückter Fixierung um 60 bis 70° gegen sie geneigt, also mehr vertikal erscheint.

Die Sache liegt also so: Wenn wir den Mond fixieren, scheint er uns stets rechtwinklig zur festen Blicklinie zu stehen und scheint daher mit der Horizontebene einen Winkel zu bilden, der gleich ist seiner Zenitdistanz. Wenn wir ihn aber mit frei bewegtem Blicke betrachten und hierdurch den „Himmel“ „wölben“, liegt der Mond für uns genau so, wie das Stück Himmel, an dem er liegt, und scheint uns gegen die Horizontalebene genau so geneigt zu sein, wie das Gewölbestück, d. h. also wie die im Mondmittelpunkte an den Vertikal-(Halb-)„Kreis“ gelegte Tangente. Und dies gilt für scheinbar horizontale, vertikale und alle dazwischen liegenden Stellungen des Mondes und der kleineren Sternbilder.

Durch folgende von mir gemachten Beobachtungen wird das Verständnis für die vorstehend besprochenen Vorgänge gefördert.

Am Horizonte stehe der Vollmond, oder wir sehen dort zwei helle, annähernd gleichhoch über dem Horizonte stehende, nicht mehr als 20 Monddurchmesser (etwa 10°) voneinander entfernte Sterne. Im Zenite befinde sich ein auffallender Fixstern. Durch den Mittelpunkt des Mondes oder des die beiden Horizontsterne verbindenden Bogens denken wir uns zum Zenit den Vertikalkreisquadranten, d. h. einen Bogen von 90° gezogen. Im 45°-Punkte dieses Bogens (astronomische Mitte) stehe ein leicht auffindbarer heller Stern. Auf diesem Quadranten bewege sich ruhig unser Blick. Alsdann scheint — bekanntlich — der 45°-Stern verhältnismäßig nahe zum Zenit und fast dreimal so weit über dem Horizont zu stehen. Wir überzeugen uns alsdann, daß wir beim Fixieren des 45°-Sternes im exzentrischen Sehen sowohl den Zenitstern wie den Mond (bzw. die beiden Horizontsterne) wahrnehmen. Lassen wir hierauf den Blick wieder

langsam den besprochenen Weg wandern, während wir besonders aufmerksam auf unser exzentrisches Sehen achten, und fixieren dann den 45°-Stern, so nehmen wir eine plötzliche Änderung wahr: der Horizonthimmel und der große Mond (oder der Abstand der beiden Horizontsterne) schrumpft zusammen und der 45°-Stern scheint genau in der Mitte zwischen Zenitstern und Mondmittelpunkt zu stehen, — was ja auch das richtige oder — mit Rücksicht auf die Refraktion — das Richtigere ist.

Diese Beobachtung beweist, daß nicht, wie O. Zoth gegen meine Auffassung nachzuweisen suchte, der aufwärts gewendete Blick primär verkleinernd wirkt, sondern daß, wie ich vor Zoths Veröffentlichung darzulegen hatte, wir im Gegenteil bei frei bewegtem Blicke — infolge der Entwicklung unseres räumlichen Sehens — zwangsweise die dritte Dimension durch Dehnung, durch Vergrößerung gewonnen haben. Und wiederum erkennen wir, daß in horizontaler Richtung, einschließlich der auf und über der Horizontebene in einem für uns nur mäßig großen Sehwinkel vertikal aufragenden Strecken (siehe voriges Kapitel), unser räumliches Sehen besonders vollkommen entwickelt ist. Was aber für horizontale, vertikale und schiefe Richtungen während der Entwicklung unseres räumlichen Sehens für das Sehen der dritten Dimension gewonnen wurde, hat sich dann mechanisiert und reproduziert sich auf Grund der Erfahrungsmotive zwangsweise, unabhängig von unserer Erwägung und unserem Willen. Es ist „eindringlich", was wir dann zu sehen vermeinen. Da wir seinerzeit nicht wie kriechende Insekten usw. vertikale Felswände bekriechen und nicht wie der Adler durch schnelles Herabstoßen vertikal die Felswände auf ihre Perspektive kontrolliert haben, sondern am Fußboden hafteten, so sind wir für die Ferne besonders in horizontaler Richtung, aber für die Nähe nach allen Richtungen gleich gut orientiert. Das mechanisierte räumliche Sehen des Adlers ist voraussichtlich in vertikaler Richtung wesentlich mehr ausgebildet als das unsrige und vielleicht mehr als für die horizontale Richtung.

Es ist auch verständlich, welches die Motive sind, die die scheinbare Neigung des Mondes usw. gegen die Horizontalebene je nach der Himmelsstelle bestimmen, an der sich der Mond gerade befindet.

Wenn bei ruhendem Blicke das sehr kleine Sternbild oder der Mond im Zenite (oder nahebei) gesehen werden, so geht die Blicklinie vertikal. Und da bei fixiertem Blicke die Mondscheibe nach Leitsatz 2. zu ihr scheinbar rechtwinklig, in 90°, stehen muß, so sehen wir den Mond usw. horizontal liegen. Wird der Blick dann frei bewegt, so muß der Mond usw. in der Tangentialebene zu liegen scheinen, die im Zenit an das von uns

zwangsweise erzeugte „Gewölbe“ zu legen wäre. Die im Scheitel der kleinen Achse an eine Ellipse gelegte Tangente verläuft rechtwinklig zu dieser Achse, — in unserem Falle also parallel zur Horizontalebene, — also muß uns im Zenite auch bei frei bewgetem Blicke die Mondscheibe horizontal liegen, wie bei fixiertem Blicke. Analog liegt die Sache, wenn der Vollmond usw. am Horizonte steht, wo er, weil unsere Blicklinie horizontal verläuft, in 90° zu ihr geneigt, also vertikal erscheinen muß, wenn wir ihn mit ruhendem Blicke betrachten. Wenn wir dann durch freie Blickbewegung uns das Gewölbe ins Bewußtsein bringen, muß scheinbar der Mond in der Tangentialebene liegen, die wir im Scheitel der horizontal liegenden durch den Mondmittelpunkt gehenden großen Achse der Vertikalellipse gelegt denken können, — die Mondscheibe muß hier also auch bei frei bewegtem Blicke, genau wie bei ruhendem, vertikal zu stehen scheinen.

Vom Zenite aus bis zum Horizonte ändert nun die Mondscheibe bei ihrem scheinbar gleichmäßigen Gange die scheinbare Lage. Aus der horizontalen geht sie schließlich in die vertikale über. Wann wird, wann muß die Mondscheibe gegen die Horizontalebene in der Mittelstellung zu stehen, d. i. 45° geneigt scheinen? Selbstverständlich unter zwei Bedingungen:

1. Entweder wenn sie in der scheinbaren Mitte ihres Weges vom Zenit zum Horizonte steht;

2. oder wenn unsere auf den Mondmittelpunkt gerichtete Blicklinie bei fixiertem Blicke 45° zur Horizontebene geneigt ist.

Beide Bedingungen sind, wie wir gesehen haben, erfüllt, wenn wir den 45° über dem Horizonte, also auch in 45° Zenitdistanz stehenden Vollmond oder, besser, den Delphin oder die Plejaden oder das Haar der Berenice usw. scharf fixieren und dabei auf den exzentrisch wahrgenommenen Zenitstern und den Horizont achten. Alsdann steht objektiv der fixierte Punkt genau in der Mitte zwischen Zenit und Horizont und unsere Blicklinie macht mit der Horizontalebene einen Winkel von 45°; dann steht der Mond, Delphin usw. senkrecht zu dieser Blicklinie und bildet mit der Horizontalebene ebenfalls einen Winkel von 45°; überdies steht der fixierte Punkt nicht nur objektiv in der Mitte zwischen Zenit und Horizont, sondern erfüllt auch die Bedingung 1., indem er in der Mitte zu stehen „scheint“, d. h. so gesehen wird. Wenn wir aber den Blick jetzt wandern lassen, so ist diese Bedingung nicht mehr erfüllt, — denn jetzt dehnt sich der Horizonthimmel, während die Zenitdistanz unverändert bleibt. Aber nicht nur Bedingung 1. ist nicht mehr erfüllt, sondern ebenso trifft 2. nicht mehr zu, da in 2. Fixierung des Blickes vorausgesetzt wird. Daher kann das betreffende Sternbild oder der Mond nicht in 45° zur Horizontebene geneigt erscheinen. Somit kommt die Sache darauf

hinaus, daß der Mond in der Mittelstellung von 45° Neigung zu stehen scheint, wenn er in der Mitte des Quadranten Zenit-Horizont zu stehen scheint — gleichviel, ob dies objektiv der Fall ist oder nicht. Nun ist die Aufgabe, den Himmelsquadranten direkt zu halbieren, an sich eine verhältnismäßig recht schwierige und nur durch ungemein zahlreiche, einander korrigierende Einzelschätzungen von besonders geeigneten Versuchspersonen zu lösen. Dagegen ist die Einschätzung, wann der Mond mehr senkrecht (90°), mehr parallel (0°) oder in Mittelstellung (45°) zur Horizontebene stehe, jeder Versuchsperson leicht möglich und durch wenige Einzelbeobachtungen sicherzustellen.

Wenn der Mondmittelpunkt durch den Pendelquadranten als in 24° über dem Horizont stehend sich erweist, erklärt jede beliebige Versuchsperson auf Befragen, daß der Mond mehr horizontal als vertikal stehe, und umgekehrt: wenn der Mond nur 21° über dem Horizont steht, wird allgemein seine Lage als mehr vertikal denn horizontal bezeichnet. Bei $21^1/_2{}^0$ Höhe werden manche zweifelhaft, ebenso bei $23^1/_2{}^0$ Höhe. Zwischen 22 und 23° sind alle einig, daß der Mond „in Mittelstellung" (45° Neigung gegen beide Dimensionen) sich befinde. Geübte oder mit gutem Augenmaße Begabte erklären den Mond bei $21^1/_2{}^0$ Höhe für etwas mehr vertikal, bei $23^1/_2{}^0$ Höhe für etwas mehr horizontal. Daher liegt die scheinbare Mittelstellung für den freibewegten Blick sicher zwischen 22 und 23°. Läge nicht aus früherer Zeit der durch direkte Halbierung sorgfältig gewonnene E. Reimannsche Bogenwert vor, und wäre ich nicht nur der erste, der die (scheinbare) Neigung des Mondes als Halbierungsmethode benutzte, sondern wäre ich der erste, der überhaupt den Himmelsquadranten halbiert, so hätte ich vielleicht gesagt: „Also liegt die scheinbare Mitte des Quadranten bei $22^1/_2{}^0$. Nun sind $22^1/_2{}^0$ die Hälfte eines halben Rechten (45°). Beim Punkte 45° (halber Rechter) liegt aber sowohl objektiv als auch für das Auge („scheinbar") die Mitte des Quadranten, wenn ein betrachtetes Gewölbe eine Halbkugel — gleichviel, ob auch wirklich oder nur scheinbar — ist. Da mußte sich mir folgender Gedanke aufdrängen. Lassen wir es zunächst ganz dahingestellt, ob der flach gewölbt erscheinende Himmel ein Sphäroid (wie ich es zu beweisen suchte) oder eine Kugelkalotte oder sonst eine nach einem gesetzmäßigen Modus gebildete Form darstelle. Soviel ist aber sicher (wollen wir uns denken), daß die Halbierung eines Quadranten (Längsschnitts) durch den in $\pi/8$ (d. i. in $22^1/_2{}^0$) zur Horizontalen geneigten Strahl bewirkt wird. Und da ein Kugel-Quadrantlängsschnitt durch den Schenkel des genau doppelt so großen Polarwinkels, nämlich $\pi/4$ (d. i. 45°) halbiert wird, so muß dieses so einfache Verhältnis der Polarwinkel — 1 : 2 — sei es anatomisch, sei es physiologisch, psycho-

logisch, sei es analytisch-geometrisch — also rechnerisch — streng und eindeutig begründet sein. So bestechend dieser Gedanke mir erschien, — er hält einer Kritik nicht stand. Um diese Veröffentlichung nicht unnötig auszudehnen, behalte ich mir die Widerlegung dieses meinen Gedankens für später vor, falls er von anderer Seite aufgenommen werden sollte.

Nur folgendes sei gesagt: Daß der Halbierungswinkel am Längsschnitt des Himmelsquadranten „genau" $\pi/8$ ist, ist erstens nicht nachgewiesen und zweitens als höchst unwahrscheinlich zu erweisen. Und der Winkel, der durch Hunderte von sorgfältigsten, durch einen zuverlässigen Beobachter gelieferten Einzelschätzungen gewonnen ist, der Reimannsche Winkel von $22 \cdot 33^{0}$, erscheint mir so zuverlässig, daß ich ihn in den folgenden Berechnungen beibehalten werde.

III. Das Größenverhältnis der Himmelsachsen.

Wenn der Mond oder ein kleines Sternbild gegen die Horizontalebene in 45^{0} geneigt erscheint, so ist, wie wir erkannt haben, dies ein Zeichen dafür — oder ist identisch damit, daß der Mond usw. uns in der Mitte des betreffenden Himmelsquadranten zu stehen scheint. Wir haben gesehen, daß für den frei bewegten Blick dieser Fall eintritt, wenn objektiv der Mittelpunkt des Mondes usw. 22 bis 23^{0} über dem Horizonte steht. Genauer konnten wir mit unserem Verfahren diesen Himmelspunkt nicht bestimmen. In der Natur unseres Verfahrens liegt es, daß die statistische Methode zur Gewinnung eines bestimmten Punktes nicht anwendbar ist. Da unser Ergebnis mit den Ermittelungen E. Reimanns, der den Halbierungswinkel auf $22 \cdot 33^{0}$ bestimmte, nicht im Widerspruche steht, so nehmen wir also diesen Reimannschen Winkel für unsere Berechnung an.

Die große Halbachse der Halbellipse wird vom Horizontradius, d. h. von seiner scheinbaren Länge, von dem in uns erzeugten Vorstellungsbilde dieser Strecke geliefert. Die kleine Halbachse ist die (scheinbare) Zenithöhe. Nennen wir erstere a, letztere b, so lautet unsere Frage jetzt: Um wieviel ist a größer als b?

In Fig. 6 sei O der Ort des Auges, $OA = a$, das wir zur Maßeinheit nehmen: $a = 1$. Es ist, wie bemerkt, a nicht im Kilometerwerte zu nehmen, sondern als Vorstellungsbild der Strecke. OZ sei b. Wir nehmen also an, der Ellipsenquadrant ZA in Fig. 6 sei der gesuchte. Um O ist mit OA der Kreisquadrant AB geschlagen, der also dem unserer Ellipse umschriebenen Kreise angehört. Im Punkte O ist an OA der Reimannsche Winkel ($22 \cdot 33^{0}$) angelegt; sein freier Schenkel schneidet den Ellipsenquadranten ZA in P und den umschriebenen Kreis in P_1. Nennen wir

die Länge des Ellipsenquadranten ZA kurz E, so ist, da P der Halbierungspunkt von ZA sein soll, $ZP = PA = \frac{1}{2} E$, wobei E vorerst noch unbekannt und zu berechnen ist. Den Strahl OP nennen wir ϱ_1. Von P fällen wir das Lot PM auf OA. Es ist OM, wenn O als Ausgangspunkt eines rechtwinkligen Koordinatensystems gewählt wird, die Abszisse von P, sie heiße x_1; PM, die Ordinate heiße y_1. Sie werde über P hinaus verlängert, bis sie den umschriebenen Kreis in P' trifft; MP' heiße y'. Punkt P' werde mit O verbunden. Winkel BOP' ist die sogenannte Amplitude von P; sie bzw. Bogen $P'B$ heiße φ. In der Figur sind bekannt: $OB = OP' = OP_1 = OA = 1$. Ferner: Winkel $AO(P)P_1 = 22{\cdot}33^0$; er heiße τ; bekannt ist ferner, daß Ellipsenbogen $ZP = PA = \frac{1}{2} E$, worin aber E noch unbekannt. Unbekannt sind ferner φ, x_1, y_1, y', ϱ_1 und b. Alle diese Unbekannten sind durch folgende fünf Gleichungen miteinander so verbunden, daß sie sämtlich auf $a\,(=1)$, $\tau\,(=22{\cdot}33^0)$ und die Unbekannte φ (Amplitude von P) bezogen werden können.

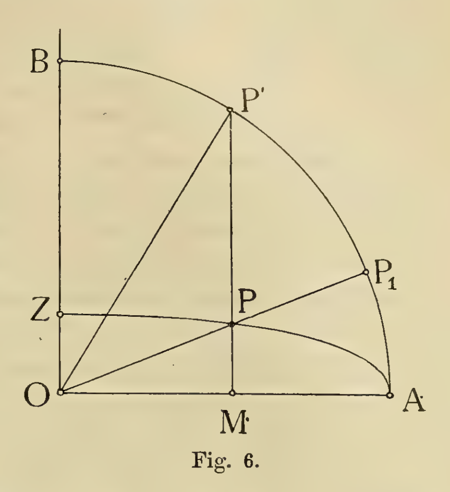


Fig. 6.

$$x_1 = \sin\varphi, \tag{1}$$

$$y_1 = x_1 \operatorname{tg}\tau = \operatorname{tg}\tau \,.\, \sin\varphi, \tag{2}$$

$$\varrho_1 = \frac{x_1}{\cos\tau} = \frac{\sin\varphi}{\cos\tau} \tag{3}$$

$$y' = \cos\varphi. \tag{4}$$

b kann aus der allgemeinen Ellipsengleichung: $b^2 x^2 + a^2 y^2 = a^2 b^2$ abgeleitet werden. Da $a = 1$ und x_1 und y_1 für x und y in die Gleichung hineingesetzt werden können, gilt: $b^2 x_1^2 + y_1^2 = b^2$. Also $b^2(1 - x_1^2) = y_1^2$. Setzt man hierin für x_1 und y_1 die Werte aus (1) und (2), so erhält man:

$$b^2 = \frac{\sin^2\varphi \cdot \operatorname{tg}^2\tau}{1 - \sin^2\varphi} = \operatorname{tg}^2\tau \cdot \operatorname{tg}^2\varphi,$$

also:

$$b = \operatorname{tg}\tau \,.\, \operatorname{tg}\varphi\,. \tag{5}$$

Da alle fünf Unbekannten x_1, y_1, y', ϱ_1 und b durch φ ausdrückbar sind, so entsteht die Aufgabe, denjenigen Wert von φ zu finden, für den

der Strahl $O P_1$, also ϱ_1, der nach (3) $= \frac{\sin\varphi}{\cos\tau}$ ist, den Quadranten der Ellipse so teilt, daß $ZP = PA = {}^1/_2 E$ wird. Bezeichnen wir den Ellipsenbogen ZP mit s, so soll φ so gewählt werden, daß $s = E/2$ ist.

Wir bedürfen also erstens einer Formel, um für einen beliebigen φ-Wert die Länge s und einer weiteren Formel, um E für denselben φ-Wert berechnen zu können. Derjenige Wert von φ, für den $s = E/2$ ist, ist der gesuchte. Dann können wir b, x_1 usw. nach (1) bis (5) berechnen. Nach (5) ist $b = \operatorname{tg}\tau \,.\, \operatorname{tg}\varphi$, also, da $\tau = 22 \cdot 33^0$ ist $b = 0 \cdot 410809 \operatorname{tg}\varphi$ usw.

Die Amplitude φ muß, wie eine kurze Überlegung zeigt, etwas größer als 30^0 und erheblich kleiner als 45^0 sein; denn wenn wir uns die kleine Halbachse b variabel denken, so kann sie nicht kleiner als Null und nicht größer als a, d. i. 1 sein. Wird $b = a$, so wird die Ellipse zu einem Kreise und der Halbierungspunkt des Quadranten liegt im Punkte 45^0; dann ist der mit b variable Winkel $\tau = \varphi = 45^0$. Nähert sich b der Null, so nähert sich der Halbierungspunkt P des Ellipsenquadranten mehr und mehr dem Mittelpunkte von $OA = a = 1$; dann nähert sich τ dem Werte Null, $x_1 = \sin\varphi$ nähert sich dem Werte ${}^1/_2$, also φ dem Werte 30^0.

Es ist also φ von 30^0 aufwärts, zunächst etwa von Grad zu Grad (31^0, 32^0, 33^0 usw.) zu probieren. Sobald $s > E/2$ wird, ist zwischen dem letzten für φ gewählten Werte und dem vorhergegangenen mit ${}^1/_2$ Grad Unterschied zu prüfen usw. Da unsere Bestimmung von τ um einen ganzen Grad ungenau, Reimanns Einzelschätzungen auch nur um $\pm 30'$ genau sind und der Reimannsche Winkel τ also auch nicht absolut genau ist, so kann für φ über einen gewissen Grad der Genauigkeit hinaus kein Anspruch erhoben werden. Ich habe deshalb zwar für die letzte Bestimmung von φ den Reimannschen Winkel eingesetzt, habe aber φ auch für $\tau = 22^0$ und $\tau = 23^0$ berechnet. Hierbei ergaben sich für den Fall $s = E/2$ Unterschiede von reichlich $10'$ für φ. Über einen Fehler von $\pm 10'$ ist also die Genauigkeit für φ nicht hinauszutreiben; sie wäre wertlos.

Um für einen bestimmten Wert von φ (z. B. 31^0, 32^0, 33^0) einerseits s, andererseits E zu berechnen, ging ich wie folgt vor.

Wir benutzen das Quadrat der sogenannten „numerischen Exzentrizität“ ε der in Frage kommenden Ellipse: $\varepsilon^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$. Da $a = 1$ ist, ist $\varepsilon^2 = 1 - b^2$ [nach Gleichung (5) ist $b = \operatorname{tg}\tau \,.\, \operatorname{tg}\varphi$].

Wir führen ein die Integrale U_0, U_2, U_4, U_6 ...., von denen

$$U_0 = \varphi\,, \qquad U_2 = \frac{U_0 - \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{2}$$

und überhaupt:

$$U_m = \frac{(m-1)\, U_{m-2} - \sin^m \varphi \cdot \cos \varphi}{m}$$

sein sollen.

Aldann gilt (in unendlichen Reihen):

$$s = a\left(U_0 - U_2\, \varepsilon^2 - \frac{1}{2} \cdot U_4\, \varepsilon^4 - \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4\cdot 6}\, U_6\, \varepsilon^6 - \ldots\ldots\right).$$

Und:

$$E = \frac{1}{2}\pi\cdot a\left\{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \frac{\varepsilon^2}{1} - \left(\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\right)^2 \frac{\varepsilon^4}{3} - \left(\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\right)^2 \cdot \frac{\varepsilon^6}{5} - \ldots\ldots\right\}.$$

Die Reihe für s konvergiert bei unserer Rechnung stärker als die für E. Bei ersterer genügt es, die Ausrechnung bis einschließlich des Gliedes, das ε^8 enthält, auszuführen. Für E muß das Glied, das ε^{18}, oder mindestens das, welches ε^{16} enthält, noch mit ausgerechnet werden. In den obigen Gleichungen ist für a der Wert 1 und für φ, wie besprochen, 31°, 32°, 33° usw. einzusetzen.

Nimmt man für τ statt des Reimannschen Winkels den Wert 22°, so erhält man folgende Zahlen:

φ	s	$^1/_2\, E$
32°	0·5318	0·5397
33°	0·5467	0·5425
34°	0·5618	0·5481
35°	0·5767	0·5510
36°	0·5914	0·5540

Man sieht: Bei 32° ist s kleiner als $E/2$. Mit wachsendem φ wachsen beide, sowohl s wie $E/2$; aber s wächst schneller als $E/2$ und hat letzteres schon bei $\varphi = 33°$ um ein geringes überholt. Daher muß kurz vor 33°, also jedenfalls zwischen 32 und 33°, der Punkt gelegen sein, an dem $s = E/2$ ist.

Man sieht: Das Absuchen engt sich schnell ein.

Wir nehmen jetzt für τ den Reimannschen Winkel 22·33°.

Für $\varphi = 32°\,40'$ berechnet sich dann:

$$s = 0{\cdot}5419,$$
$$E/2 = 0{\cdot}5434.$$

Bei 32° 40′ ist also s kleiner als $E/2$.

Für $\varphi = 33°$ berechnet sich dagegen, wenn wiederum $\tau = 22{\cdot}33°$

$$s = 0{\cdot}5469,$$
$$E/2 = 0{\cdot}5439.$$

Hier sind also wieder mit wachsendem φ beide, s und $E/2$, gewachsen; aber s ist schneller gewachsen und hat $E/2$ überholt. Folglich muß zwischen $32^0 40'$ und 33^0 der Punkt liegen, an dem $s = E/2$ ist. Es ist also die Amplitude $\varphi = 32^0 50'$, Fehler $\pm 10'$. Diese Ellipse, für die also P eine Amplitude $\varphi = 32^0 50'$ hat, ist die gesuchte. Es hätte, wie oben ausgeführt wurde, keinen Sinn, φ absolut genau bestimmen zu wollen.

Nunmehr können wir auch, nach (5), die Größe b berechnen, d. i. die kleine Halbachse bzw. die Zenithöhe, wenn a, $= 1$, der Horizontradius ist. Aus (5) $b = \operatorname{tg} \tau \cdot \operatorname{tg} \varphi$ berechnet sich:

$$b = \mathbf{0 \cdot 265}.$$

Daher ist das von uns gesuchte Größenverhältnis von Horizontradius zu Zenithöhe bzw. große Halbachse zur kleinen

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{0 \cdot 265} = \mathbf{3 \cdot 77}.$$

Ferner ergeben sich: $x_1 = \sin \varphi = \mathbf{0 \cdot 542}$; $y_1 = x_1 \operatorname{tg} \tau = \mathbf{0 \cdot 227}$. Die scheinbare Entfernung des Halbierungspunktes P vom Auge, d. i. also ϱ_1 wird $= \mathbf{0 \cdot 586}$.

Die scheinbaren Größen eines Gestirnsdurchmessers usw. im Zenite, in $22 \cdot 33^0$ über dem Horizonte und am Horizonte verhalten sich hiernach wie **1 : 2·21 : 3·77.**[1]

---

[1] Wem es nur um eine ungefähr richtige Orientierung über die Größe der Amplitude φ zu tun ist und wer einen unkontrollierten Fehler bis zu 1 oder 2^0 hinzuzunehmen bereit ist für den Vorteil einer bequemen schnellen Prüfung, kann sich die Integralrechnung ersparen und mit einer einfachen Konstruktion und trigonometrischer Rechnung behelfen:

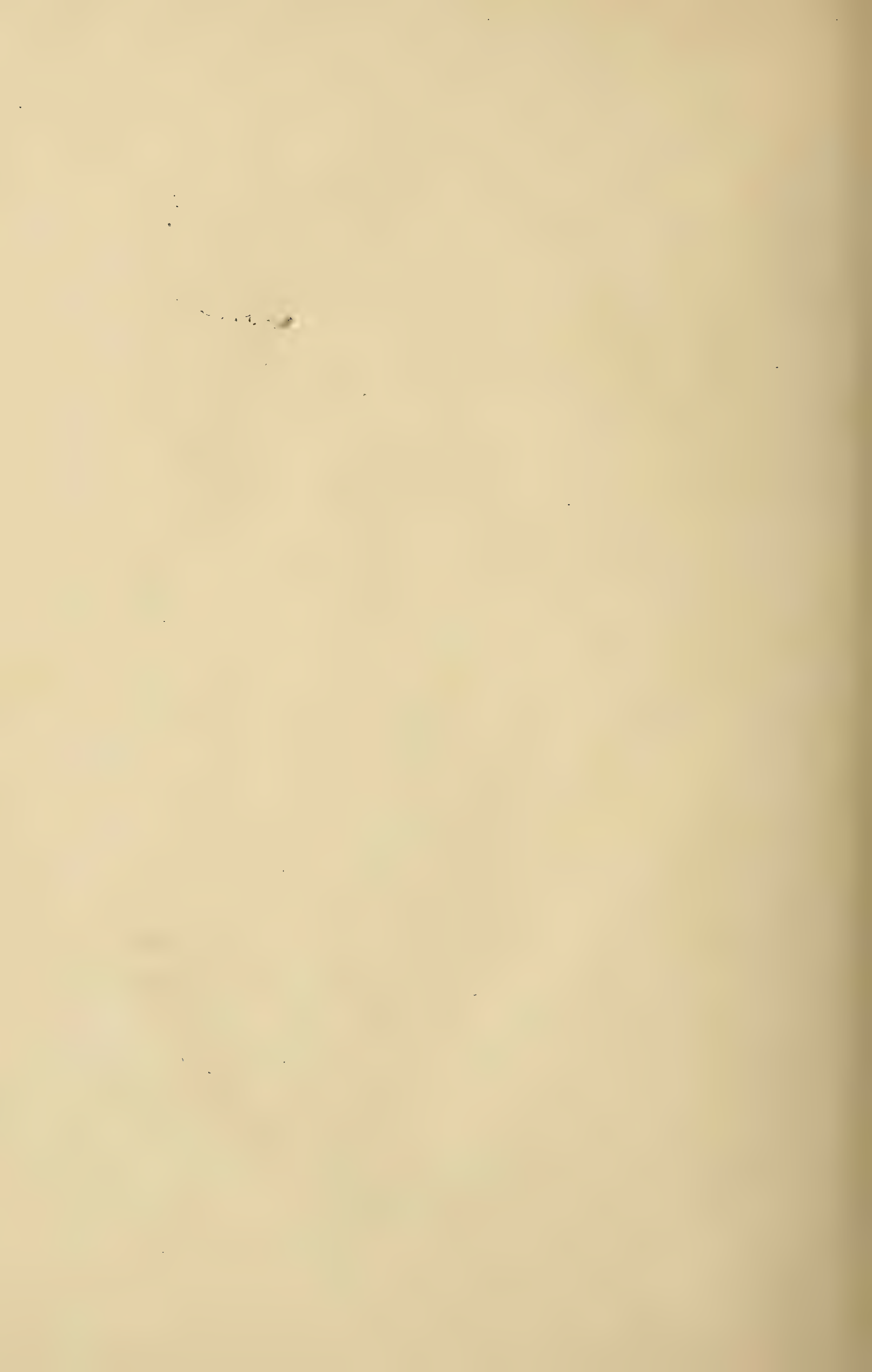
Nämlich die nur wenig gekrümmte Kurve, die von den Mittelpunkten aller über dem Horizontradius als (horizontaler) großer Halbachse, — $= a = 1$, — stehenden Ellipsenquadranten mit kleiner Halbachse von $b = 0$ bis $b = 1$ gebildet wird, hat als Endpunkte einerseits den Mittelpunkt des Horizontradius, andererseits den Halbierungspunkt des umschriebenen Kreisquadranten. Nimmt man — den geringen Fehler nicht scheuend — statt dieser Kurve die geradlinige Verbindungslinie dieser beiden Endpunkte als Ort aller Ellipsenquadrantenmittelpunkte, so hat als der gesuchte Punkt derjenige Punkt P zu gelten, in dem der freie Schenkel des Reimannschen Winkels diese Gerade schneidet. Alsdann läßt sich die Amplitude φ trigonometrisch leicht berechnen.

Metzger & Wittig, Leipzig.



Verlag Veit & Comp. Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Funke. Leipzig.





Verlag Veit & Comp. Leipzig. Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

